நினைவாற்றல் இரகசியம்

அனைவருக்கும் அறிவியல்

நினைவாற்றல் இரகசியம்

மேதா எஸ். ராஜதியக்ஷா

தமிழாக்கம்
பீ. ஹாமிது அப்துல்ஹை

படங்கள்
எம்.டி. கைசஸ் & ஹெச்.சி. காரேகர்

நேஷனல் புக் டிரஸ்ட், இந்தியா

ISBN 81-237-3612-6

முதற்பதிப்பு 2001 (சக 1923)

Memory Mystery (*Tamil*)

ரூ. **45.00**

வெளியீடு: இயக்குநர், நேஷனல் புக் டிரஸ்ட், இந்தியா
ஏ-5, கிரீன்பார்க், புதுதில்லி 110 016

சமர்ப்பணம்

எனது இல்லத்தவர்களுக்கு,
அவர்களது நீடித்த, நேயமிகு
ஒத்துழைப்பிற்காக.

பொருளடக்கம்

முகவுரை

"நான் கொம்ப்ரே (Compbrey)யைவிட்டு வெகுதூரம் சென்று விட்டேன். அதைவிட, அந்நகரம் என் நினைவை விட்டே அகன்று விட்டது எனலாம். பிறகு, திடீரென ஒரு கரிய மாலைப் பொழுதில் எனது அன்னையார் தயாரித்திருந்த கேக் துண்டைப் பிய்த்து, தேநீரில் நனைத்து, வாயில்வைத்து சுவைக்கும்பொழுது மின்சாரம் போன்ற தாக்குதல் என்னை உலுக்கியது. உடனே என் நினைவிலிருந்து அகன்றுவிட்ட எனது குழந்தைப்பருவம் என்னுள் மலர்ந்தது. மிக்க மகிழ்வூட்டிய பல நிகழ்ச்சிகளும், கண்களில் நீரை வரவழைத்த பல துன்பகரமான நிகழ்ச்சிகளும் மிகத் தெளிவாக நினைவில் தோன்றின. கொம்ப்ரே வீதிகளில் மகிழ்வுடன் ஓடித்திரிந்த சிறுவயதுப் பையனாக மாறிவிட்டேன்."

பிரௌஸ்ட் (Proust) எழுதிய இலக்கிய நயம் மிகுந்த 'கடந்த கால நினைவுகள்' (Remembrance of Things Past) என்ற நூலில் மேலே குறிப்பிடப்பட்டுள்ள வார்த்தைகளில், சாதாரணமாக எவருக்கும் நிகழக்கூடிய ஓர் அனுபவத்தை விவரிக்கிறார். ஒவ்வொருவருடைய வாழ்விலும் இதுபோன்ற நிகழ்ச்சிகள் நிகழ்ந்திருக்கக் கூடும். குறிவைக்காமல் எறியப்பட்ட கல், தேன்கூட்டில் பட்டவுடன் அதிலுள்ள தேனீக்கள் கொதித்தெழுவதுபோல, ஒரு பழைய நிகழ்ச்சியை நினைவுகூரும்பொழுது பல நிகழ்ச்சிகள் எண்ணத்திலே பளிச்சிடுகின்றன. பெரும்பாலும் தெளிவாகத் தெரியாத ஒரு நிகழ்ச்சி, பல நிகழ்ச்சிகளை நினைவிலே கொண்டு வர ஒரு தூண்டுகோலாக அமையக்கூடும். காற்றிலே தவழ்ந்து வந்து செவியிலே பாயும் ஒரு மென்மையான இசை, நாசியிலே படும் ஓர் இனிய நறுமணம், ஜன்னல் கண்ணாடியிலே பட்டுத் தெறிக்கும் மழைத்துளிகளின் தூரத்து ஓசை, உள்ளங்கையிலே படும் மிருதுவான பட்டுப்போன்ற வழவழப்பான பொருள் போன்ற சாதாரண நிகழ்வுகள், பல ஆண்டுகளாக உறங்கிக் கொண்டிருந்த ரிப்வான் வின்கிளை (Rip Van Winkle) தட்டி எழுப்பியதுபோல, எண்ணத்தை விட்டகன்றுவிட்ட பல நிகழ்ச்சிகளை மீண்டும் நினைவிற்குக் கொண்டுவர உதவக்கூடும்.

நமக்கே விந்தையாகத் தோன்றும். சில நிகழ்ச்சிகளை நினைவில் கொண்டுவர கடுமையாக முயன்றபோதும்கூட நினைவில் தோன்றாதவை திடீரென எவ்வித முயற்சிகளுமின்றி தாமாகவே நினைவில் பளிச்சிட்டு விடுகின்றன. அது எங்ஙனம்? பதிவு நாடாக்களில் பதிவு செய்யப்பட்ட இன்னிசையை திரும்பத் திரும்ப கேட்பதற்கொப்ப நினைவாற்றலும் அமைந்திருக்க முடியுமா? அல்லது புகைப்படப் பதிப்பு போல, முதலில் மிகத் தெளிவாகவும், காலம் செல்லச்செல்ல தெளிவற்றுத் தெரிவது போல நினைவாற்றலும் மங்கிவிடக் கூடுமா?

புகழ்பெற்ற கிரேக்க அறிஞர் பிளேட்டோ (Plato) நினைவாற்றலை ஒரு மெழுகுத்துண்டிற்கு ஒப்பிட்டார். ஒருவரின் உள்ளத்தின் இருண்ட உட்பகுதிகளிலே அது தங்கியிருக்கிறது என்று விளக்கினார். மெழுகுத்துண்டின் அமைப்பு, அதன் அளவு, அதன் செறிவு, வளைந்துகொடுக்கும் தன்மை முதலியன அதன்மீது செதுக்கப்படும் உருவத்தின் தன்மையை நிர்ணயிக்கின்றன. அதுபோல, உணர்வு உறுப்புகள் மூலம் உட்செல்லும் செய்திகளே, நினைவாற்றலின் தன்மையை நிர்ணயிக்கின்றன. ஒருவகையில், முற்கால இந்திய வேதாந்திகளின் கூற்றைப் பிரதிபலிப்பதுபோல இக்கருத்துத் தோன்றுகிறது.

எவ்வாறாயினும், 'நினைவாற்றல் என்றால் என்ன?' என்ற வினாவிற்கு விளக்கம் கிடைப்பதாக இல்லை. ஒருவித விளக்கம் கிடைக்கிறது என்று கருதினால், நினைவாற்றல் என்பது உள்ளத்தைப் பொறுத்தது என்ற கருத்தைத் தருவதாகக் காண்கிறோம். அதனடிப்படையில், 'உள்ளம் என்றால் என்ன?' என்று வினாவை சற்று மாற்றியமைக்கலாம். இதையே, விஞ்ஞானிகளும், வேதாந்திகளும், சிந்தனையாளர்களும், மனிதனின் சிந்திக்கும் ஆற்றல் வளர்ச்சிபெற்ற காலத்திலிருந்து என்னவென்று அறிந்துகொள்ள முயன்று வருகிறார்கள்.

முதற்படியாக 'உள்ளம் என்பது எங்கு அமைந்துள்ளது' என்பதைக் கண்டறியும் முயற்சியில் ஈடுபட்டனர். 'மேற்கத்திய நவீன மருத்துவத் தந்தை' என்று கருதப்படும் அறிஞர் கேலன் (Galen), உள்ளம் என்பது மூளையில் புதைந்துள்ளது என்று நம்பிவந்த போதிலும், அரிஸ்டாட்டில் (Aristotle) இதயத்தில்தான் உள்ளம் அமைந்துள்ளது என்று ஆணித்தரமான நம்பிக்கை கொண்டிருந்தார். ஒருமுறை, 'நினைவாற்றல் கடந்த காலம், எதிர்பார்ப்பு வருங்காலம், புலனுணர்வு நிகழ்காலம்' என்று குறிப்பிட்டார். அரிஸ்டாட்டிலின் விஞ்ஞானக் கருத்துக்களின் செல்வாக்கின்

காரணமாக நீண்டகாலத்திற்குப் பின்பே, 'உள்ளம், இதயத்தில் உள்ளது' என்ற கருத்தினடிப்படையில் இதயத்தைத் துருவித் துருவித் தேடுவது, தவறான மரத்தின் பட்டையை உரிப்பதற்கு ஒப்பாகும் என்று உணரப்பட்டது.

உள்ளம் என்பது மூளையில்தான் உள்ளது என்ற கருத்தை உணர்ந்தபின்பும்கூட, உள்ளத்தின் நடைமுறையை அறிந்து கொள்ளும் முயற்சிகள் துரிதமாக நடைபெறவில்லை. மூளையின் 'சாம்பல் நிறப்பகுதி' (விரைந்து செயலாற்றும் மூளைப்பகுதி - grey matter) அதன் இரகசியங்களை எளிதில் வெளிக்காட்டி விடவில்லை. மூளை எவ்விதம் தன்னியக்கப் பணிகளையும், தன் விருப்பப் பணிகளையும் செயல்படுத்துகிறது என்றும், அதன் விளைவாகத் தோன்றும் இரசாயன மாற்றங்களையும் நன்கு விளங்கிக் கொள்ளும்வரை, நினைவாற்றலைப் பற்றிய பயனுள்ள ஆராய்ச்சிகளைத் தொடங்க முடியவில்லை. ஆகவே, அண்மைக் காலம்வரை நினைவாற்றல் அதன் முகமூடியைக் கழற்ற மறுத்து விட்டது. இப்பொழுதும்கூட முகமூடி முழுவதுமாகக் கழற்றப் படவில்லை. இன்னும் நுட்பமாகக் கூறுவதென்றால், என்ன மறைந்துள்ளதோ, அதன் குறுமகிழ்வூட்டும் அரைகுறைத் தோற்றத்தை மட்டுமே ஓரளவு காண முடிகிறது. சிலர் முகமூடி முற்றிலுமாக நீக்கப்படவே முடியாது என்று கருதி வருகின்றனர். மனிதமூளை எவ்விதம் இயங்குகிறது என்பதை உணர்ந்துகொள்ள மனிதன் மேற்கொள்ளும் முயற்சி, மிகவும் தனித்தன்மையுடையது. மூளையின் பணிகளை அறிய மூளையையே கருவியாகப் பயன் படுத்தும் செயலுக்கு இது ஒன்றே எடுத்துக்காட்டாகும். இம்முயற்சி வெற்றிபெறுமா? அல்லது, 'ஹெய்சென்பெர்க்' (Heisenberg) என்பவருடைய 'நிலையற்ற தன்மைக் கொள்கை' (Principle of uncertainty)க்கு இணையான உயிர்வேதியல் சரிசமக் கொள்கையின் ஆட்சிக்கு ஆள்படுமா?

ஜி.பி. ஃபோண்ட்கே
தகவல், வெளியீடு இயக்ககம்
சி.எஸ்.ஐ.ஆர்.
புதுதில்லி

நன்றியுரை

வெளியீட்டாளர்கள் அச்சில் வடிக்க ஏற்றுக்கொண்ட பின்புதான் கறுப்பு-வெள்ளையாக எழுத்தில் வடிக்கும் முயற்சி பயனுள்ளதாக இருக்க முடியும். நேஷனல் புக் டிரஸ்ட் நிறுவனத்தார் அச்சில் வடிக்க ஒப்புதல் தந்தனர். அச்சிடுவதற்கு மட்டுமின்றி, அவர்களின் நிறுவனத்திற்காக எழுதுவதற்கு அழைப்பு விடுத்தமைக்கும் நான் நன்றி கூறக்கடமைப்பட்டுள்ளேன். இந்நூலின் இதழாசிரியர் மஞ்சு குப்தா அவர்களின் நட்பும் கிடைத்தது. அவரின் பொறுமையான தூண்டுதல் என்னை வெகுவாக இயக்கியது. அதற்காக அவருக்கு எனது நன்றியை உரித்தாக்குகிறேன். எனக்கு மிக்க மகிழ்ச்சி தரும் அறிவியல் நூல் வெளியீட்டிற்கு எழுதுவதற்கு என்னை அறிமுகப் படுத்திய டாக்டர் ஜிபி. ஃபோண்ட்கே அவர்களுக்கும் எனது நன்றி உரித்தாகுக. அவருடைய அன்பான உதவியும் வழிகாட்டுதலு மின்றி இந்நூலை என்னால் எழுதியிருக்கவே முடியாது. டாக்டர் சாரதா சாப்னிஸ் அவர்களுக்கும் எனது ஆழ்ந்த நன்றியை கூறிக் கொள்கிறேன். நரம்பு உயிரியல் துறையில் ஏற்பட்டுள்ள அண்மைக் கால செய்திகளையெல்லாம் மிக்க அன்புடன் எனக்கு எடுத்துக் கூறியதோடு, இந்நூலை எழுதுவதற்குத் தேவையான மேற்கோள் நூற்களை ஏராளமாக, மிகக் குறுகிய காலத்தில் எனக்கு வழங்கி உதவினார். பேரா. டிகே. தஸ்தூர், டாக்டர் தயா மங்களி, டாக்டர் எம்.சி. அருணன் ஆகியோருடன் மேற்கொண்ட கருத்துப் பரிமாற்றம் மிகவும் உதவியாக இருந்தது. எனது முயற்சியில் அவர்கள் காட்டிய ஆர்வம் மிகவும் மனங்கொள்ளத்தக்கதாகும். அவர்களனைவருக்கும் எனது நன்றியைத் தெரிவித்துக் கொள் கிறேன். இந்நூலின் கையெழுத்துப் பிரதியைப் படித்து திருத்தங்கள் செய்து உதவிய டாக்டர் தராலா நந்தேகர், டாக்டர் சதீஷ் கைட்டோண்டே, திருமதி பிரட்னியா கைட்டோண்டே முதலிய வர்களுக்கும் நான் மிகவும் கடமைப்பட்டுள்ளேன். அவர்களுடைய பொன்னான நேரத்தை எனக்காக ஒதுக்கி உதவினார்கள். இந்நூலில் காணப்படும் வரைபடங்களை வரைந்து உரிய தருணத்தில் உதவிய திரு. ஹெச். சி. காரேகர், திரு. எடி. கைகஸ்

இருவருக்கும் எனது நன்றி உரித்தாகுக. புகைப்படங்கள் கொடுத்து உதவிய பேராசிரியர் தஸ்தூர், பேராசிரியர் எஸ்.கே. சங்கர், டாக்டர் வி.எஸ். லலிதா, டாக்டர் எம். உர்சிகர் ஆகியோருக்கும் நன்றிகூறக் கடமைப்பட்டுள்ளேன். அவ்வப்பொழுது எனது இல்லத்தவர்கள் எனது துணிச்சலான வீரதீரச் செயல்களை அன்புடன் ஏற்றுக் கொள்வார்கள். இந்நூல் எழுதும் எனது துணிச்சலான முடிவையும் அவ்விதமே ஏற்றுக் கொண்டனர். அவர்களுடைய உதவிக்கு கோடிகோடி நன்றிகளைக் காணிக்கையாக்குகிறேன்.

முன்னுரை

சில இந்திய வேதாந்திகள், நாம் வாழும் இவ்வுலகை விளக்குவதற்கு மேற்கொண்ட கருத்துப்படிவமே 'மாயை' என்பதாகும். உலகம் என்று எதுவும் உண்மையில் அமைந்திருக்கவில்லை. அது ஒவ்வொருவருடைய எண்ணத்தில்தான் உள்ளது. ஓர் எல்லைக் குட்பட்ட திறன்கொண்ட நமது புலன்களால் மட்டுமே பட்டறிந்து கொள்ள முடிகிறது என்று கூறுகின்றனர். நமது உணர்வுகள் ஓர் எல்லைக்குள் முடங்கிவிடுவதை வலியுறுத்தவந்த சுவாமி விவேகானந்தர், இன்னும் அதிக அளவு உ ார்வுகள் நமக்கு வழங்கப்பட்டிருந்தால் உலகம் சற்று வேறுபட் 'தான்றும் என்று குறிப்பிடுகிறார். அதிக அளவு உணர்வுகள் பெற்றிருந்தாலும், அல்லது பெறாவிட்டாலும், நம் ஒவ்வொருவரின் பார்வையிலும், உலகம் வேறுபட்டே தெரிகிறது. ஏனெனில், நாமனைவரும் நினைவாற்றல் பெற்றிருக்கிறோம். அது ஒவ்வொருவருக்குமுரிய தனித்தன்மை பெற்றதாகும். குழந்தைப் பருவ அனுபவங்கள், உடல் வலிகள், வளர்ச்சிதரும் இனிய சுகம், சுவையான, முக்கிய நிகழ்ச்சிகள் முதலிய வாழ்வின் மைல் கற்கள், அறிந்தோ அல்லது அறியாமலோ நமது நினைவில் புதையுண்டு கிடக்கின்றன. நாம் கற்கும் பல திறமைகள், வார்த்தைகள், கருத்துக்கள் மற்றும் உணர்வு களின் ஒரு கலவை முதலியன அதில் சேர்ந்து கொள்கின்றன. நமது நினைவாற்றலின் துணைகொண்டே நாம் சுற்றுச்சூழலைப் புரிந்து கொள்கிறோம். அதன்படி நடந்து கொள்கிறோம். வேதாந்திகள், உளவியல் வல்லுனர்கள் மற்றும் விஞ்ஞானிகள் ஆகியோர் நினைவாற்றல், அதன் பணி, அது உடலில் புதைந்துள்ள இடம் முதலியவற்றை அறிந்துகொள்ள நீண்ட காலமாகவே போராடி வருகின்றனர்.

கடந்த பத்தாண்டுகளில், நினைவாற்றலின் இரகசியத்தை அறிந்து கொள்ள புதிய முயற்சிகள் மேற்கொள்ளப்பட்டு வருகின்றன. பிரான்சிஸ் கிரிக் (Francis Crick) கூறும் 'விந்தைக் குரியது' என்பதுபோல மேற்கொள்ளப்படும் பல ஆராய்ச்சிகள் அமைந்துள்ளன. மேலும், மூளைச் செல்களும், அதன்

மூலககூறுகளும், அல்லது அணுக்கள் முதலியனவும் எவ்விதம் இயங்குகின்றன என்பதன் அடிப்படையில் உளம்சார்ந்த செயற் பாடுகள் அமைந்துள்ளன என்றும் கருதப்படுகிறது. மூளை இயக்கத்தின் புதிர்கள் சிலவற்றை இப்போது சற்று அறிந்திருப்பது நமக்கு மிக்க மகிழ்ச்சி தருகிறது. இம்மன எழுச்சியின் சில கீற்றுகளைப் பெற்றுக் கொள்ளவே இந்நூல் முயற்சிகளை மேற் கொள்கிறது. நினைவாற்றலின் இரகசியம், மூளையில் இடம் பெற்றிருப்பதையறிய மேற்கொள்ளப்படும் ஆராய்ச்சிகள், நினைவைத் தூண்டும் அணுக்கூறுகள் பற்றிய விளக்கங்கள் முதலியன பற்றி கூறுகிறது. நினைவாற்றல் பற்றிய ஆராய்ச்சியின் எல்லைப்புறத்தைத் தொடுவதற்கு முயற்சிக்கப்படுகிறது. எளிய வார்த்தைகளே பயன்படுத்தப்படுகின்றன. பல விளக்கங்கள் இங்கே தரப்படவில்லை. அதற்குக் காரணம் எளிதான இந்நூலைப் படிப்பதால், பெரிய நூல்களைப் படிப்பதற்கு ஆர்வம் வரும் என்பதேயாகும். வெகுவிரைவில் இந்நூல் போதுமானதல்ல என்றாகிவிடும். ஏனெனில், நரம்பியல் துறையில் வியத்தகு முன்னேற்றம் ஏற்பட்டுக் கொண்டிருக்கிறது.

1

நினைவாற்றல் சிந்தனைகள்

"ஆனால், அங்கே ஒரு மிகப்பெரிய நன்மை அதில் உள்ளது. அதாவது, ஒருவரின் நினைவாற்றல் இருபுறமும் செயல்படுகிறது."

"நிச்சயமாக, எனது நினைவாற்றல், ஒருபுறமுமே செயல்படு கிறது" என ஆலிஸ் (Alice) குறிப்பிட்டாள். "செயல்கள் நிகழ்வதற்கு முன்பாகவே அவற்றை எண்ணிப்பார்க்க என்னால் முடியாது."

"பின்னோக்கிப் பாயும் நினைவாற்றல் ஒரு வகையில் மிகவும் வலிவற்றதாகும்" என அரசியார் குறிப்பிட்டார். (படம் 1.1)



படம் 1.1 : "பின்னோக்கிப் பாயும் நினைவாற்றல் ஒரு வகையில் மிகவும் வலிவற்றதாகும்" என அரசியார் குறிப்பிட்டார்.

'இந்த நலிந்த நினைவாற்றலே', இன்று நம்மிடையேயுள்ள சிறந்த நினைவாற்றலாகும். 'த்ரூ தி லுக்கிங் கிளாஸ்' (Through the Looking Glass) என்ற நூலின் நாயகி சிறுமி ஆலிஸ் போல ஒருவர் மனம் போனபடி எண்ணத் தொடங்கினால், உண்மையை ஒத்திருக்கும் லூயிஸ் கரோல் என்பவரின் மனக்கண் வடிவம் போன்ற பல நிலைகளைக் காண முடியும் என்றபோதிலும், முன்னோக்கிச் செல்லும் தன்மையுடைய நினைவாற்றலை எவரும் கண்டதில்லை. 'நினைவாற்றல்' என்ற வார்த்தையின் விளக்கம், கடந்தவற்றைப் பற்றியதாகவே காண்கிறோம்.

நமது வாழ்க்கையின்மூலம், நேரம் பற்றிய உணர்வினை எண்ணிப்பார்க்கும்போது, நினைவாற்றல், தனிவாழ்விலும் பொதுவாழ்விலும் மிகப் பெரிய செல்வாக்கை ஏற்படுத்தும் ஒரு தனிப்பெரும் இயற்பண்பாகும். பெரும்பாலான மிருகங்களில், பல வடிவங்களில் வெளிப்படும் நினைவாற்றல், நம்மிடையே மிகச் சிறந்த வினைத்திறனாக அமைந்துள்ளது. செய்தித்தொடர்புத் துறைகளில் இப்பொழுது காணப்படும் சிறந்த வளர்ச்சிக்கு முன்பு, நினைவாற்றலைத் தழுவியே முந்தைய வாழ்க்கை முறை அமைந்திருந்தது. சமூக உள்ளமைப்பு மற்றும் நாகரிகம் ஆகியவற்றின் வெளிப்பாடு, ஒருவரையொருவர் நாம் புரிந்துகொள்ளும், மற்றும் நினைவிலிருத்தும் திறனின் வளர்ச்சியின் அடிப்படையில் தான் அமைந்துள்ளது. நாம் கற்பதையும், அனுபவித்துணர்வதையும், ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் நினைத்துப் பார்ப்பதையும், உணர்வதையும் நாம் நினைவு கொள்கிறோம். அதனை மறக்கவும் செய்கிறோம். நினைவு குழம்பி உருச்சிதைந்த நினைவுகளும் நினைவில் நிற்கின்றன. கடந்த கால நினைவுகளும், பறந்தோடும் நிகழ்கால நினைவுகளுமே நம்மை ஆக்குகின்றன. எழுத்துச் செய்தித் தொடர்புகள் மூலம் நினைவுகளின் கூட்டுத்திரளைப் பெற்றுக் கொள்கிறோம். அத்திரளுக்கு நமது நினைவுகளும் போய்ச் சேர்கின்றன. நமக்குப் பின்வரும் வம்சத்தினருக்கு, மரபுரிமையாக விட்டுச்செல்கிறோம். மனித வாழ்வில் நினைவாற்றல் ஆற்றும் பணி குறைவாக மதிப்பிடப்பட்டதேயில்லை. அது வேதாந்திகளையும், உளவியல் வல்லுநர்களையும், நரம்பியல் அறிஞர்களையும் ஒன்று போல் கவர்ந்துள்ளது.

நினைவாற்றல் மூன்று விதமான தனித்தன்மை வாய்ந்த நடைமுறைகளைக் கொண்டுள்ளது என்பதில் பெரும்பாலான உளவியல் வல்லுநர்கள் ஒத்த கருத்தைக் கொண்டுள்ளனர். முதலாவதாக, அனுபவத்தின்மூலம் பெறும் செய்திகள், உணர்வுகள்

மூலம் நரம்பு மண்டலத்திற்குள் செல்லுதல்; இரண்டாவதாக, செய்திகளை நிலைப்படுத்தி, நரம்பு மண்டலத்தில் தேக்கி வைத்தல்; மூன்றாவதாக, அனுபவத்தில் பெற்ற செய்திகளை மீண்டும் நினைவுகூரல் முதலியனவாகும். புகழ்பெற்ற நரம்பியல் நுண்ணுயிர் அறிஞர். சர் ஜான் சி. எக்கிள்ஸ் (Sir. John C. Eccles) முதல் இரண்டு நடைமுறைகளை, செய்திகளைப் பார்த்து நரம்பு மண்டலத்தில் தேக்கி வைப்பதை, 'கற்றல்' என்றும், மூன்றாவது நடைமுறையான செய்திகளை நினைவு கூர்வதை, 'நினைவாற்றல்' என்றும் குறிப்பிடு கிறார். அனுபவத்தின்மூலம் பெறும் செய்திகளை பல படிவங்களில் தொகுத்தமைத்து தேக்கி வைக்கவும், தேவைப்படும் பொழுது அவற்றிலிருந்து நினைவுகூரவும் உதவக்கூடிய செயல்முறையினை நினைவாற்றல் பெற்றிருப்பதாகக் கருதப்படுகிறது. நினைவாற்றல் என்பது என்ன என்பதை விளக்கும் பல்வேறு விளக்கவுரைகளை நாம் அடக்கிக் கொண்டேயிருந்தபோதிலும், நினைவாற்றல், கற்றலுடன் நெருங்கிய தொடர்பு கொண்டுள்ளது என்பது வெளிப் படையாகத் தெரிகிறது. அதாவது கற்றலும், நினைவாற்றலும், ஒன்றோடொன்று இணைந்த செயல்முறைகளேயாகும்.

நம்மில் பெரும்பாலோர் நினைவு தடுமாறுவதை அனுபவித் திருக்கிறோம். நாம் மறந்திருக்கக் கூடாத ஒரு செய்தியை மீண்டும் நினைவுகூர போராடியிருக்கிறோம். மறந்துவிட்டதற்காக சற்று வருத்தமும், தடுமாற்றமும் கொள்கிறோம். நம்மீதே நாம் கொஞ்சம் கோபமும் கொள்கிறோம். கடுமையாகவும் சாடிக் கொள்கிறோம். ஏனெனில், எவ்வளவோ செய்திகளை நாம் நினைவில் கொண்டுள்ளோம். இதனை சற்று ஆழ்ந்து நோக்கினால், பல்வேறு வகையான நினைவாற்றல்கள் நம்மிடம் புதைந்துள்ளன என்பது தெரியவரும். கி.பி. 1890இல் 'உளவியலின் அடிப்படைகள்' (Principles of Psychology) என்ற நூலில் வில்லியம் ஜேம்ஸ் (William James) என்பவர் 'குறுகிய காலம்' அல்லது 'முதன்மை நினைவாற்றல்' என்பதை 'நீண்ட காலம்' அல்லது 'இரண்டாந்தர நினைவாற்றல்' என்பதிலிருந்து பிரித்து விளக்கினார். 'முதன்மை நினைவாற்றல்' என்பது நிகழ்கால உணர்வு நிலை என்பதையும், அதன் உணர்வுத் திறன்களின் பயன்கள் எளிதில் அணுகத் தக்கன என்பதையும் ஆதரிக்கும் செயல்முறை என்று எடுத்துரைத்தார். அதற்கு மாறாக, 'இரண்டாந்தர நினைவாற்றல்' உண்மையான கடந்த காலத்தைக் குறிப்பதாகும். அதனை நினைவு கூர, ஆழ்ந்து சிந்திக்க வேண்டும் என்றும் குறிப்பிட்டார். 'உணர்வு நிலை' பற்றிய தெளிவான கருத்துக்கள் உணரப்படாத காரணத்தால், அவருடைய



படம் 1.2 : வில்லியம் ஜேம்ஸ், மேற்கத்திய உளவியல் தந்தை

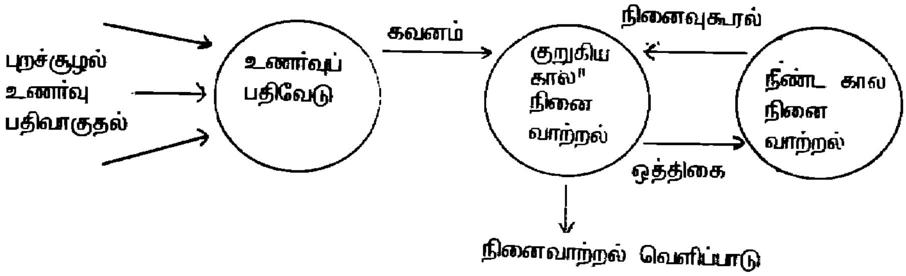
விளக்கங்கள் கற்பனைத் தன்மையுடையன எனக் கருதப்பட்டது. என்றபோதிலும், வில்லியம் ஜேம்ஸின் (படம் 1.2) கருத்துக்கள் அவருடைய மிகச் சிறந்த உள்ளுணர்வின் அடிப்படையில் அமைந் தவையல்ல. மாறாக, சமகால வேதாந்தி ஹெர்மன் எப்பிங்கௌஸ் (Hermann Ebbinghaus) என்பவரின் ஆராய்ச்சிகளின் அடிப் படையில் அமைந்தவையாகும் (படம் 1.3). நினைவாற்றல் பற்றிய ஊகங்களை விஞ்ஞான அடிப்படையில் முதல் முதலில் அமைத்த ஹெர்மன் எப்பிங்கௌஸ், நினைவாற்றலை சோதிப்பதற்கு பல எளிய முறைகளைக் கண்டறிந்தார். நினைவாற்றலைச் சோதித்தறிய உடன்பட்ட பலரை, பொருளற்ற பல வார்த்தைகளை பல்வேறு சூழலில் உச்சரித்து, நினைவுக் கொள்ளச் செய்து, மீண்டும் அவ்வார்த்தைகளை நினைவுகூரும் திறனை ஆராய்ந்தார். இவ்வாராய்ச்சிகளின் அடிப்படையில், இரண்டு வகை முடிவு களைக் குறிப்பிட்டார். முதலாவதாக, 'நினைவாற்றல் பல தரங் களையுடையது', பழக்கப்படுத்துவதன் மூலம், முன்னேற்றம் காண முடியும்; இரண்டாவதாக, நீண்ட காலமாக நினைவில் இருப்பவை, குறுகிய கால நினைவாற்றலின் தொடர்ச்சியே என்றாலும், முற்றிலும் மாறுபட்டவை; இவை பொருள் நிறைந்த முந்தைய கருத்துக்களாக இருப்பதோடு நினைவாற்றல் பற்றிய ஆராய்ச்சி களை மேற்கொண்டு தொடர நல்ல அடித்தளமாகவும் அமைந்தன.



படம் 1.3 : ஹெர்மன் எப்பிங்கௌஸ்—மனித நினைவாற்றல் பற்றிய சோதனைகளை முதன்முதலில் மேற்கொண்டவர்.

உளவியல் வல்லுநர்கள், பல மனிதர்களை ஆராய்ந்தறிந்த கருத்துக்களின் அடிப்படையில் நினைவாற்றலைப் பற்றிய பல முன்மாதிரி எடுத்துக்காட்டுக்களை குறிப்பிட்டுள்ளனர். இவ்வெடுத்துக்காட்டுகள் எளிய எழில் மிக்கவை. அவற்றிலொன்று, ரிச்சர்ட் அட்கின்சன் (Richard Atkinson) மற்றும் ரிச்சர்ட் ஷிரிஃபின் (Richard Shriffin) 1968இல் வெளியிட்டதாகும். சிலவற்றை நாம் பார்க்கும்பொழுதோ, அல்லது கேட்கும் பொழுதோ, அல்லது உணரும் பொழுதோ அல்லது நுகரும் பொழுதோ புறச் சூழலிலிருந்து பெறப்படும் உணர்வுகள் உணர்வுப் பதிவேட்டில் (sensory register) பதியப்படுகின்றன என்று விளக்கினார்கள். சிறிது காலத்திற்கு இக்கருத்து, குறுகிய கால நினைவாற்றலின் சேமிப்புக் கிடங்காகக் கருதப்பட்டது. இக்கருத்தின் ஒரு பகுதியை பல முறை திரும்பத் திரும்ப ஒத்திகை செய்து பார்க்கலாம். அல்லது ஏற்கெனவே பதிவாகியுள்ள கருத்துடன் இணைத்துப் பார்க்கலாம். இச்செயற்பாடுகள், 'உணர்வுப் பதிவேட்டில்' பதியப்படும் கருத்துக் களை நீண்ட கால நினைவாற்றலின் ஒரு பகுதியாக மாற்றக்கூடும். குறுகிய கால நினைவாற்றலை, நீண்ட கால நினைவாற்றலாக மாற்றும் முறை 'தொகுத்திணைத்தல்' (consolidation) என அழைக்கப்படுகிறது. இதற்கு 'கவனம்' தேவைப்படுகிறது. பல வருடங்களாக நினைவில் நிற்கும் இந்நினைவாற்றல், மீண்டும்

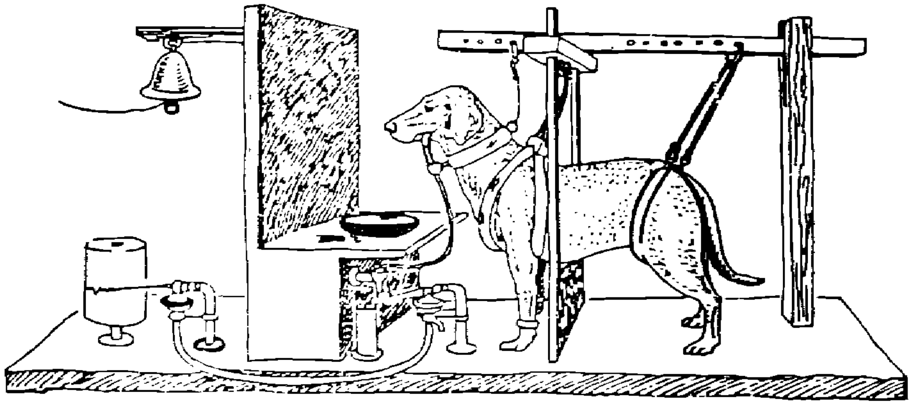
நினைவுகூரப்படலாம். நாம் நினைவில் வைத்திருக்க முடியும் இக்கருத்துக்கள், நினைவாற்றல் தொடர்பான பெரும்பாலான கருத்துக்களுடன் ஒத்திருக்கின்றன என்றபோதிலும், சற்று கவனமாக உற்றுநோக்கினால், பல்வேறு வகையான நினைவாற்றல்கள் நமக்கு வழங்கப்பட்டிருப்பது நன்கு தெரியவரும். ஓர்



ஓர் எளிமையான நினைவாற்றல் மாதிரிப்படம்

எளிய நினைவாற்றல் பற்றிய கருத்துப்படம், விரிவான விளக்கம் தருவதாகும்.

மனித ஆற்றல்களின் வேறுபாடுகள் பரந்து விரிந்துள்ளதை, ஒவ்வொன்றும் நல்முயற்சியின் மூலமே பெறப்பட்டுள்ளன. இம்முயற்சிகள், கற்றுத் தெளிந்ததால் கிடைத்தவையாகும். பெரும்பாலான ஆற்றல்கள், இயக்கத்தைப் பற்றிய அறிதலை அதாவது 'தசை இயக்கத்திறன்களை' உள்ளடக்கியவையாகும். இசைக்கருவிகளை இயக்குதல், தட்டெழுத்துப் பயிற்சி, நீச்சல், மோட்டார் சைக்கிள் ஓட்டுதல் முதலியனவற்றிற்கு முன்பயிற்சி தேவைப்படுகிறது. பல நாட்கள் பயின்ற பின்பு பெறப்படும் திறன் நினைவில் நிலைத்து விடுகிறது. இந்நினைவாற்றல், 'நடைமுறையைச் சார்ந்துள்ளது' (procedural) என்று பெயரிட்டு கலிபோர்னியா நகரைச் சார்ந்த லாரி ஸ்குயர் (Lorry Square) மற்றும் அவரது உதவியாளர்கள் அழைக்கிறார்கள். நடைமுறை சார்ந்த நினைவாற்றலில் மற்றொரு வகை, சோதனைகள்மூலம் பெறப்பட்டதாகும். 'சிறப்பாக வரையறுக்கப்பட்டது' (classical conditioning) என்றழைக்கப்படுகிறது. புகழ்பெற்ற ரஷ்ய நாட்டு விஞ்ஞானி இவான் பி. பாவ்லோவ் (Ivan P. Pavlov) மேற்கொண்ட சிறப்பான சோதனைகளிலிருந்து இப்பெயர் தோன்றியது. அவர் நுட்பமான கருவியொன்றைக் கண்டறிந்தார். அதன்மூலம், உணவு தூண்டுதலால் நாயின் வாயில் சுரக்கும் எச்சிலைக் கண்காணிக்கும் சோதனைகளை மேற்கொண்டார். குறிப்பாக 'பாவ்லோவ்



படம் 1.4 : இவான் பி. பாவ்லோவ் மேற்கொண்ட சோதனை அமைப்பு

சோதனை' என்றழைக்கப்படும் சோதனையில், உணவு வழங்கப் படுவதற்கு முன்பாக மணி ஒலிக்கப்படும். அதைத் தொடர்ந்து உணவு புகட்டப்படும். அப்பொழுது சுரக்கும் எச்சில் அளவிடப் படும். இது போன்ற சிறிது காலப் பயிற்சிக்குப் பின்பு, உணவு ஏதுமின்றி, மணி ஓசையைக் கேட்டவுடனேயே எச்சில் சுரக்கத் தொடங்கியது (படம் 1.4) ஒரு 'தூண்டுதலுக்கு' ஒரு 'வரையறுக்கப் பட்ட எதிர்வினை' ஏற்பட்டதாக கணிக்கப்பட்டது.

இதுபோன்ற நிலை நமது உடலிலும் காணப்படுவதை, வட கரோலினா பல்கலைக்கழகத்தைச் சேர்ந்த ரிச்சர்ட் கிங் (Richard King) என்பவர் ஓர் அழகிய சோதனைமூலம் விளக்கினார். இச்சிறிய சோதனையை மேற்கொள்ள ஒரு மாணவர்கள் குழு உதவியது. ஒவ்வொரு மாணவரின் வலது கண்ணில் ஒளி வீசப்பட்டது. ஒளிபட்ட கண் 'திருதிரு'வென நிலையற்று விழிக்கவில்லை. அதைத் தொடர்ந்து அக்கண்ணின் மீது காற்று ஊதப்பட்டது. கண் உடனே நிலையற்று விழித்தது (blinked). பலமுறை அக்கண் மீது காற்று ஊதப்பட்டது. இப்பொழுது, கண்ணில் ஒளி பட்டவுடனேயே காற்று ஊதப்படாமல் வலக்கண் நிலையற்று விழிக்கத் தொடங்கியது. இரண்டாவது தூண்டுதலை (காற்று ஊதுதல்) எதிர்பார்த்திருப்பது போல, முதல் தூண்டுதலுக்கு (ஒளி வீசல்) கண் பழக்கப்பட்டுவிட்டது என்பது தெளிவாகிறது. இரண்டாவது தூண்டுதலை, விஞ்ஞானிகள் 'வரையறுக்கப்பட்ட தூண்டுதல்' (conditioned stimulus) என்றும், முதல் தூண்டுதலை 'வரையறுக்கப்படாத தூண்டுதல்' (unconditioned stimulus) என்றும் அழைக்கிறார்கள். நாம் நமது நடைமுறையில் காட்டும் செயல்

பாடுகளும், வரையறுக்கப்பட்டவையேயாகும். இதனை உள்ளடக்க நினைவாற்றலைப் பெறுவதற்குரிய ஒரு வழி, வரையறுக்கப் படுவதற்குத் தேவைப்படும் செயல்முறை போன்று, திரும்பத் திரும்ப மேற்கொள்ளப்படும் முயற்சிகளாகும். ஆகவே, வரையறுக்கப்படுதல், சோதனை முறைகளின் மிக முக்கிய பகுதியாகும். இது மிக விரிவாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

ஓர் அனுபவம், எளிதில் நீங்கிவிடாமல் நினைவில் நிற்கிறது. இந்நினைவாற்றல் உரிய இடத்தைப் பதித்து விடுகிறது. இது நாம் நம்பிக்கை கொள்ளத்தக்க, நமது அனுபவங்களின் பதிவுக் குறிப்பாகும். மிக வேதனையான, அல்லது மகிழ்ச்சியான தருணங்களின் நினைவினை மிக எளிதில் நினைவுகூர முடியும். நமது நெருங்கிய நண்பர் இறந்த தருணம், நாம் மேற்கொண்டிருந்த பணிகள் முதலியனவற்றை, எவ்வித முயற்சியுமின்றி எளிதில் நாம் நினைவுகூரலாம். பள்ளியில் பயிலும்போது வழங்கப்பட்ட பரிசைப் பெற்ற மகிழ்ச்சியை எங்ஙனம் மறக்கக்கூடும்? இத்தகைய குறிப்பிட்ட நிகழ்ச்சிகளின் தொகுப்பை, விஞ்ஞானிகள் 'உட்கதை நினைவாற்றல்' (episodic memory) என்றழைக்கின்றனர். இந் நினைவாற்றலை, கார்ல் பாப்பர் (Karl Poper) 'தெளிவான நினைவாற்றல்' (explicit memory) எனக் குறிப்பிடுகிறார். ஏனெனில், இதில் புதைந்துள்ள நிகழ்ச்சிகளை, நாம் உணர்வுடன் நினைவு கூர முடியும் என்பதாலாகும். லாரி ஸ்குயர் என்பவரும், அவரது சகாக்களும் மற்றொரு பெயரால்—'விரிவான நினைவாற்றல்' (declarative memory) என இதனை அழைக்கின்றனர். கடந்த கால மதிப்புமிக்க பல நிகழ்ச்சிகளின் தொகுப்பான 'விரிவான நினை வாற்றல்' நமக்கு மிகவும் முக்கியம் வாய்ந்ததாகும்.

மற்றொரு முக்கியக் கருவூலமாகத் திகழ்வது வார்த்தைகளின் தொகுப்பாகும். இது 'சொற்பொருள் நினைவாற்றல்' (semantic memory) என அழைக்கப்படுகிறது. இதுவே மற்றவர்களுடன் தொடர்பு கொண்டு எண்ணங்களைப் பரிமாற உதவுகிறது. பல செய்திகளையும், வார்த்தைகளையும் நினைவில்கொண்டு, மற்றவர் களைப் புரிந்துகொள்ள உதவுகிறது. மொழியாற்றல், மனிதர்களுக்கு வழங்கப்பட்டுள்ள சிறப்பு அம்சமாகும். வார்த்தைகளை கற்றுத் தெளியவும், அவற்றை நினைவிலிருத்தி, வேண்டும்பொழுது, சரியாக, சரியான தருணத்தில் நினைவு கூரவும் விழைகிறது. மொழி பேசப்படும்போது வார்த்தைகளின் பொருளை உணர்ந்து, சொல்லப்படும் கருத்தின் பொருளை அறிவதற்கு இந்நினைவாற்றல் உதவுகிறது என்ற போதிலும், உரையாடலுக்கு இன்னும் சற்று

அதிகம் தேவைப்படுகிறது. உரையாடலின்போது விரைவாக நேரம் பறந்தோடுகிறது. அத்தருணத்தில், செய்தித்துளிகள் நினைவிற்கு வரவேண்டும். அப்போதுதான், பேசும் வார்த்தைகளின் சிக்கலான பொருட்கள் நன்கு விளங்கும். இது 'நடைமுறை நினைவாற்றல்' (working memory) என அழைக்கப்படுகிறது. இந்த 'ஆவணக்களரி' நாம் மேற்கொள்ளும் செயல்களை எளிமையாக்கி விடுகிறது. எளிய கணக்குகளில் எண்களை நினைவில் கொள்ளவும், சதுரங்க விளையாட்டில் காய்களை நகர்த்துவதற்குரிய சரியான திட்டத்தை வகுக்கவும் உதவுவதோடு, ஒவ்வொரு தருணத்திலும் மேற்கொள்ள வேண்டிய செயல்களுக்குரிய செய்திகளையும் வழங்குகிறது. 'தெளிவான நினைவாற்றல்' என்பதிலிருந்து வேறுபட்டது என்று கார்ல் பாப்பர் கருதும் இந்நினைவாற்றல், 'உள்ளடக்க நினைவாற்றலில்' அடங்கும். நாம் உணர்வுடன் இச்செய்திக்குவியலை அணுக முடியாது. அதனை நேரில் அடையாளம் காணவும் முடியாது என்ற போதிலும், இதன் செய்திகளை எல்லா நேரங்களிலும் பயன்படுத்தி வருகிறோம். உண்மையில் நமது அனைத்து நடவடிக்கைகளின் உயிர்நாடியாக இது விளங்குகிறது.

காலைக் கதிரவன் விரிக்கும் புத்தொளியில் மணக்கும் ஒரு கோப்பைக் காபியுடன் நாளைத் தொடங்குகிறோம். பறவைகளின் கலகலப்பொலி, நாம் உணராமலேயே நமது மனநிலையின் மகிழ்ச்சியைக் கூட்டுகிறது. காபியின் நறுமணத்தை நுகரும் இன்பம், பறவைகள் ஒலியைக் கேட்பதுடனும், காலைப்பொழுதைக் காண்பதிலும் ஏற்படும் இன்பத்துடன் கலந்து, ஒரு தடத்தைப் பதிக்கிறது. ஒரு முதல் தர நினைவாற்றல் ஏற்படுகிறது. காலை உணவை, பிரியமுள்ள உறவினருடன் சேர்ந்து உண்டது மகிழ்வுடன் நினைவு கூரப்படுகிறது. இது உட்கதை நினைவாற்றலாகும். இதனை எளிதில் நினைவுகூர முடியும். இது விரிவான நினைவாற்றலின் ஒரு பகுதியாகும். பழைய கதை மீண்டும் கூறப்படும் போது, பயன்படுத்தப்படும் 'சொற்பொருள் நினைவாற்றலை' நாம் உணர்வதில்லை. எதார்த்தமாக வார்த்தைகள் வெளிவருகின்றன. சொற்றொடர்கள் தோன்றுகின்றன. வார்த்தைகள் வெளிவரும் போது பல தலைப்புகளில் உரையாடல் தொடர்கிறது. வெகுகாலத்திற்கு முன்பும், அண்மைக்காலத்திலும் நினைவில் தேக்கி வைக்கப் பட்டுள்ள செய்திகள் நினைவுகூரப்பட்டு, செய்தித் தொடர்பிற்கு உதவுகின்றன. இது 'நடைமுறை நினைவாற்றலி'ன் சிறந்த இயக்கமாகும். மெள்ள மெள்ள காலைப்பொழுது நகர்ந்து, பின்பு அலுவலகத்திற்கு சைக்கிளிலமர்ந்து விரையும்பொழுது 'செயல்

முறை நினைவாற்றல்' சிறப்பாகப் பயன்படுகிறது. சிறுசிறு விபத்துக்கள் மூலம் பெற்ற 'உட்கதை நினைவாற்றல்' சாலையில் பயணம் செய்யும்போது லாகவமாக விபத்து ஏதுமின்றி வாகனத்தை ஓட்டிச் செல்ல உதவுகிறது. இது அன்றைய அலுவல் களின் ஒரு பகுதியேயாகும். இது ஒரு தெளிவான நினைவாற்ற லாகும். சில நாட்களின் காலைப் பொழுது தனித்தன்மையுடைய தாகும். ஒளியின்றி. இருள்சூழ்ந்த நிலையில் காலைப்பொழுது புலர்கிறது. உறங்கிக் கொண்டிருக்கும் உலகத்தை உலுப்பும் செய்திகளைத் தாங்கி அன்றைய பத்திரிகைகள் வெளிவருகின்றன. பயங்கரமான குண்டு வெடிப்பு படங்களும் அதில் அகப்பட்டுக் கொண்ட உயிர்நண்பனின் பெயரும் அந்நாளைத் தகர்த்து விடுகின்றன; என்றும் நினைவில் தங்கி விடுகிற உணர்ச்சி மயமான நினைவாற்றல் மனதில் பதிக்கப்பட்டு விடுகிறது. நெஞ்சிலேற்படும் இக்காயம் பல வருடங்களுக்குப் பிறகும்கூட விரிவாக நினைவில் வரமுடியும். அந்த ஒரு கோப்பை காபியும்கூட நினைவில் நின்று விடுகிறது!

தினமும் செயலாக்கப்படும் சிறு சிறு அலுவல்கள், உண்மை யில் நினைவாற்றல் பணிகளின் பல்வேறு வகைத் தொகுப்பே யாகும். அவை ஒவ்வொன்றும் முக்கியத்துவம் வாய்ந்தவையே. அவற்றிலொன்றின் இழப்புகூட, மனக்கலக்கத்தையும் இழப்பையும் தூண்டி விடுகிறது. ஒரு சில துரதிர்ஷ்டசாலிகளுக்கு இது நேர்ந்து விடுகிறது. அதனால் ஏதாவதொரு நினைவாற்றல் சிதைவு ஏற்பட்டு விடுகிறது. மருத்துவர்களும், நரம்பியல் அறிஞர்களும், இத்தகையவர் களின் ஒத்துழைப்புடன், நரம்பு மண்டலத்தில் ஒரு நினைவாற்றல் வரைபடத்தை அமைத்துள்ளனர். அதன்மூலம் கற்பதற்குரிய வழிவகைகளையும் நினைவாற்றலையும் அடையாளம் காண விழைந்துள்ளனர். நினைவாற்றலை வகைப்படுத்தப் பயன்படுத்தப் பட்ட இன்னொரு அடையாளக்குறி, உளவியல் அறிஞர்கள் நினைவாற்றல் பணியை நிர்ணயிக்கப் படைத்துள்ள வேறுபாடான சோதனையாகும். பல சோதனைகளின் அடிப்படையில் அமைக்கப்பட்டு, ஒன்றையொன்று மிஞ்சுகின்ற நினைவாற்றல் வகைகள் அறியப்பட்டுள்ளன. பல பிராணிகளைப் பயன்படுத்தி மேற்கொள்ளப்பட்ட சோதனைகளின் மூலம் திரட்டிய செய்தி களும் சேர்க்கப்பட்டுள்ளன. இவ்வாராய்ச்சிகள் ஒவ்வொன்றும், 'நினைவாற்றல்' என்ற புரியாத புதிருக்கு சிறிய, ஆனால் குறிப்பிடத் தக்க பல விடைகளைத் தந்துள்ளன.

"இயற்கையின் முடிவான இரகசியத்தை விஞ்ஞானம் விளக்கி

விட முடியாது. ஏனெனில், விளக்க முற்படும் இரகசியத்தின் ஒரு பகுதியாக நாமே இருந்து விடுகிறோம் என்பது ஆராய்ச்சியின் முடிவில் தெரியவரும்" என்று, புகழ்பெற்ற பௌதீக அறிஞர் மேக்ஸ் பிளான்க் (Max Planck) குறிப்பிட்டுள்ளார். 'நினைவாற்றல்' என்பது இறுதி இரகசியத்தின் ஒரு தோற்றமேயாகும். அதனை விளக்க முற்படும்போது, நமது எல்லை நன்கு தெரியவருகிறது. ஒரு சிறிய பகுதியையாவது தெரிந்து கொள்வதில் ஏற்படும் மனஎழுச்சி நம்மை மிகைத்து விடுகிறது. நினைவாற்றல் சிக்கலில் புகுந்து அதனை அறிந்து கொள்ள தங்களின் வாழ்நாள் முழுவதையும் அர்ப்பணிக்கும் பலருக்கு, அது விரும்பத்தக்க பேறாகத் திகழ்கிறது.

2

நினைவாற்றல் அமைப்புகள்

பழங்கால இந்தியாவின் மூதறிஞர் கபிலர், வாய்மொழி வார்த்தைகள் மூலமே கற்பிக்கப்பட்டார். அவர் கற்றுத்தந்த வேதாந்தம் 'சம்க்யா' என்று அழைக்கப்படுகிறது. இதில் மனஉறுதி, மனத்திட்பம் ஆகியனவற்றைக்கொண்ட 'புத்தி' என்ற உளவியல் கொள்கை விளக்கப்பட்டுள்ளது. அத்துடன், தொடும் உணர்வு, பார்க்கும் உணர்வு, கேட்கும் உணர்வு, சுவைக்கும் உணர்வு, நுகரும் உணர்வு ஆகிய இவ்வைந்து உணர்வுகள் பற்றியும் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது. இவை வேறு காரணங்களுக்காகக் குறிப்பிடப்பட்டிருந்த போதிலும், நரம்பு மண்டலம் பற்றிய முந்தையகால முதல் குறிப்பு இதுவேயாகும். பல நூற்றாண்டுகளுக்குப் பிறகு, கி.பி.1561இல் நரம்பு மண்டலத்தின் ஒரு குறிப்பிட்ட பகுதியுடன் நினைவாற்றலை இணைத்து, லெவினஸ் லெம்னியஸ் (Levinus Lemnius) என்பவர், "நினைவாற்றலுக்கு, ஒதுக்கப்பட்ட சரியான, குறிப்பிட்ட தன்மையுடைய ஓர்இடம், உரைநயமும், உணர்வுகளும் உறையும் மாளிகையான மூளையேயாகும்" என்று எழுதினார். இதற்கு முந்நூறு ஆண்டுகளுக்குப் பிறகே எப்பிங்கௌஸ் இதனைப் பற்றி சோதனைகள் மூலம் ஆராய்ச்சிகளைத் தொடங்கினார். இதற்குப் பின்பு, நினைவாற்றல் தங்கியுள்ள சரியான இடத்தை மூளையில் குறிப்பிடுவது என்பது எளிதாக இருக்கவில்லை. ஏனெனில், மூளையின் பணிஅமைப்பு சிக்கலாக அமைந்திருப்பதேயாகும். நினைவாற்றலைப் பற்றி புரிந்து கொள்ளும் முயற்சிகள் நீண்டகாலமாக தொடர்ந்தபோதிலும், அது இன்னும் புரியாத புதிராகவே இருந்து கொண்டிருக்கிறது.

இன்று அறியப்பட்டுள்ள மனித மூளை 'மூன்று அமைப்பு'களிலிருந்து தோன்றியது என்று சொல்லப்படுகிறது (triune structure). பிற்கால ஊர்வன, முற்கால பாலூட்டிகள் மற்றும் பிற்கால பாலூட்டிகள் ஆகியனவற்றின் முற்சான்றுகளின் பிரதிநிதித்

துவங்களைக் கொண்டதாக உள்ளது. முதுகெலும்பு பிராணிகளின் பரிணாம வளர்ச்சி வளர வளர, ஏற்கெனவேயுள்ள மூளை அமைப்பின்மீது புதிய அமைப்புகளும் தோன்றின (படங்கள் I, II). உருவ அமைப்பில் ஏற்பட்ட மாற்றங்களின் அடையாளங்கள் மனித மூளையில் காணப்படுவதுபோல் தெரிகின்றன. ஊர்வன வற்றைப் பிரதிபலிக்கும் அமைப்பைக் கொண்ட 'மூளைத்தண்டு' உயிர்வாழத் தேவையான உடலின் முக்கியப் பணிகளை நிர்வகிக்கும் அடிப்படைப் பகுதியாக அறியப்பட்டுள்ளது (படங்கள் III, IV). தொடும் உணர்வினைத் தாங்கிச் செல்லும் நரம்புக் கற்றைகள், தண்டுவடம், மூளைத்தண்டு வழியாக, மூளையின் உயர்மையங்களுக்கு உணர்வு சமிக்ஞைகளை ஏந்திச் செல்கின்றன. 'நடுமூளை' (mid brain), 'பின்மூளை' (hind brain) என்று அழைக்கப்படுகின்ற, மூளைத் தண்டுப் பகுதியில் அமைந்துள்ள மூளைப் பகுதிகளில், உடல் நிலைகளை இயக்கும் தசைகள், சுவாசத்தசைகள் ஆகியவற்றை கட்டுப்படுத்தும் மையங்கள், ஜீரணச் சுரப்பிகளின் சுரப்பிநீர், இரத்த அழுத்தம் ஆகியவற்றைக் கட்டுப்படுத்தும் மையங்கள் முதலியன அமைந்துள்ளன. செவியிலிருந்து வரும் சமிக்ஞைகளும் முதலில் இவ்விடத்தை அடைகின்றன. மூளைத் தண்டுடன் நன்கு இணைக்கப்பட்டுள்ள பகுதியான சிறுமூளை (cerebellum), நமது உடலின் ஒவ்வொரு அசைவையும் ஒன்றுபடுத்தி கட்டுப்படுத்துகின்றது.

பாலூட்டியின் பரிணாம வளர்ச்சியின் நினைவுச் சின்னமாகத் திகழ்வது 'லிம்பிக் அமைப்பு முறை'யாகும். (limbic system) கி.பி. 1878இல் முதன் முதலில் இதனை, பால் புரோகா (Paul Broca) என்பவர் 'லிம்பிக் இதழ்' (limbic lobe) என்று வர்ணித்தார் (படங்கள் V, VI). இது நுகரும் உணர்வினைச் சார்ந்த அமைப்பாகும். உளக்கிளர்ச்சி, நடைமுறைகள் (behaviours) முதலியன வற்றை ஆளும் பொறுப்பிலுள்ள ஒரு கூட்டமைப்பாக இப்பொழுது கருதப்படுகிறது. இவ்வமைப்பின் ஒரு பகுதி 'அமிக்டலா' (amygdala) என்று அழைக்கப்படுகிறது. இது ஒரு சிறிய, முட்டை வடிவ அமைப்பைக் கொண்டது. உணவைத் தேடல், உணவை உட்கொள்ளுதல், உடலைப் பாதுகாத்தல், எதிரிகளை எதிர்த்துப் போரிடல் போன்ற உடலைப்பாதுகாக்கும் பணியைச் செய்கிறது. சமுதாய அமைப்பில் பின்பற்றப்படவேண்டிய மென்மையான நடத்தையைக் கடைப்பிடிக்க உதவுகிறது. மூளையின் பொட்டெலும்புப் பகுதியில் கடல்குதிரை போன்ற அமைப்பில் சற்று ஆழத்தில் காணப்படுவது, 'ஹிப்போகேம்பஸ்'

(hippocampus) என்ற அமைப்பாகும். நமது விழிப்பு நிலையைக் கண்காணிப்பது 'மாம்மில்லரி பாடிஸ்' (mammillary bodies) என்ற அமைப்பாகும். நமது கோபத்தை கண்காணிக்கும் அமைப்பு 'செப்டம் பெல்லிசிடம்' (septum pellicidum) என்ற அமைப்பாகும். மூளையின் பிறபாகங்களுடன் இம்மையங்களின் பணிகளை இணைத்தும், இயக்கங்களை ஒன்றுபடுத்தியும் உதவும் பகுதி 'சிங்குலம்' (cingulum) என்ற அமைப்பாகும்.

நமது அண்மைக்கால முன்னோர்கள் நன்கொடையாக நமக்குத் தந்தது 'சாம்பல் நிறத்தொப்பி' (grey cap) எனக் குறிப்பிடப் படும் மூளைத் தண்டின்மீது அமர்ந்திருக்கும் பகுதி. இதுவே நமது பெருமூளையாகும் (cerebrum). இதன் புறப்பகுதி 'கார்டெக்ஸ்' (cortex) என்றழைக்கப்படுகிறது. இதற்கு 'மரப்பட்டை' என்று இலத்தீன் மொழியில் பொருள் கொள்ளப்படுகிறது. 2 மில்லிமீட்டர் கனமும், சுமார் 1.5 சதுரமீட்டர் பரப்பும் கொண்டது. அதிக அளவில் மேடுபள்ளங்களும் மடிப்புகளும் இதன்மீது காணப்படுகின்றன. ஆழமான பள்ளங்கள், இதனை முன்பகுதி (frontal), மேல் நடுப்பகுதி (parietal) பின்பகுதி (occipital), பொட்டெலும்புப்பகுதி (temporal) எனப் பிரிக்கின்றன (படங்கள் VII, VIII).

செயலியக்கத்தின் அடிப்படையில், பல்வேறு உணர்வுகளி லிருந்து பெருமூளைக்கு வந்துசேரும் செய்திகளையேற்று இயக்கும் பல பகுதிகள் குறிக்கப்பட்டுள்ளன. அவை செய்திகளைப் பெற்று, அவற்றுக்குரிய முறையில் உணர்ந்து, கட்டளைகளை உடனுக் குடன் உடலுக்கு அனுப்பும் மையங்களாகும். (படங்கள் IX, X) பெருமூளையின் புறப்பகுதியையும், லிம்பிக் அமைப்பையும் இணைக்கும் பகுதி 'நடுமூளை' அல்லது 'டையென்செஃபலான்' (diencephalon) என்ற அமைப்பாகும். 'டையென்செஃபலான்' பகுதியின் முக்கிய உட்பிரிவு, 'தலாமஸ்' (thalamus) என்பதாகும். பெருமூளைக்குச் செல்லும் செய்திகளைப் பிரித்து அனுப்புவதற் காக சற்று தங்கிச் செல்லும் மையம் இதுவாகும். இதனுடைய கூட்டாளி 'ஹைபோதலாமஸ்' (hypothalamus) என்றழைக்கப் படுகிறது. நமது பசி, தாகம், உணவு உண்டபின் நாம் உணர்கின்ற நிறைவு முதலியவற்றை நிர்வகிக்கும் மையமாகும். உடல்வெப்பம், உடல் உப்புகளின் சமநிலை ஆகியவற்றையும் கண்காணிக்கிறது. முதன்மை நாளமில்லாச் சுரப்பியான 'பிட்யூட்டரி', சுரப்பு நீர்கள் சுரப்பதையும் கூட நிர்வகிக்கிறது.

மூளையின் ஒவ்வொரு பகுதியும் சற்றுத் தானாகவே இயங்கக் கூடியதேயாகும். அத்துடன் ஒரு குறிப்பிட்ட பணியைச் செய்யும்

முக்கியத்துவம் வாய்ந்தவையுமாகும். என்ற போதிலும் ஒன்று மற்றொன்றைச் சார்ந்தே இயங்குகிறது. ஒவ்வொரு பகுதியும் மற்ற அனைத்துப் பகுதிகளுடனும் இணைந்து இயங்கி, நாம் உயிர் வாழ்வதற்கு உதவுகின்றன. எனவே, இச்சிக்கலான மூளை இயக்கத்தில் நினைவாற்றலைப் பற்றி கண்டறிதல் கடினமான முயற்சியேயாகும். இந்தச் சவால் பல முனைகளிலிருந்து எதிர் கொள்ளப்படுகிறது. இன்று வரை, மூளைப் பணிகளைப் பற்றி அறிந்துகொள்ள எண்ணிலா வழிகளில் முயற்சிகள் மேற்கொள்ளப் பட்டுள்ளன. அவற்றிலொன்று, மூளையின் ஒரு பகுதியை நீக்கிவிட்டு, அதனால் தோன்றும் விளைவுகளை அறிவதாகும். சோதனைப் பிராணியினுடைய மூளையின் ஒரு பகுதி, அறுவைச் சிகிச்சை மூலம் நீக்கப்பட்டு அதன் உடலியக்கத்திலும், நரம்பு மண்டலத்திலும் தோன்றும் விளைவுகள் மூலம், நீக்கப்பட்ட பகுதியின் பணிகள் என்னவென்று கண்டறிதலாகும். இவ்வித மூளைச் சிதைவு, அறுவைசிகிச்சை மூலமோ அல்லது குறித்த இடத்தில் நோய்ப்புண்ணைத் தோற்றுவிப்பதன் மூலமோ, ஏற்படுத்தப்படலாம். அல்லது, மின்தூண்டுதல்மூலம் தோன்றும் விளைவுகளைக் கொண்டு குறிப்பிட்ட பகுதியின் பணிகள் நிர்ணயிக்கப்படலாம். ஆனால், அதிகமான செய்திகள், ஒரு சில துரதிஷ்டசாலிகளிடமிருந்தே கிடைத்துள்ளன. அவர்கள் விபத்தில் சிக்கி, மூளைச் சிதைவு ஏற்பட்டவர்கள், அல்லது நோய் வாய்ப் பட்டவர்கள் அல்லது வயது முதிர்ந்தவர்கள் ஆகியோராவர். அண்மைக்காலத்தில் பல புதிய முறைகள் கண்டறியப்பட்டுள்ளன. இம்முறைகள்மூலம், உயிரோடிருப்பவரின் மூளையை நேரிடையாக உற்று நோக்க முடியும். மூளையின் தோற்றத்தை, கம்ப்யூட்டர்மூலம் பெற்று ஆராய முடியும். மூளைச் செல்களின் இரசாயன இயக்கத்தைக் கண்டறிவதன்மூலம் ஊடுகதிர் உள்தளப்படமுறை (tomography) வழியாக, இரத்த ஓட்டத்தைக் கணிப்பதன்மூலமும் மூளையின் கம்ப்யூட்டர் தோற்றத்தைப் பெற முடியும் 'ஊடுகதிர் உள்தளப்படமுறை இருக்கை வெளிப்பாடு' அல்லது பி.இடி (Position Emmission Tomography-pet) மூலம் மூளையின் இரத்த ஓட்டத்தை அறிய முடியும் (படம் XI). 'காந்த அதிர்வொலிப் பெருக்கத்தோற்றம் அல்லது எம்.ஆர்.ஐ (Magnetic Resonance Imaging - MRI) என்றழைக்கப்படும் உத்தியைப் பயன்படுத்தி, செல் அல்லது அணுக்களின் காந்தத்தன்மைகள் வாயிலாகவும், மூளையின் தோற்றம் கண்டறிய முடியும். இம்முறைகள் மூளைப் பகுதிகளின் அமைப்பைப் பற்றிய சரியான தகவல்களைத்

தருவதோடு, அதன் பணிகள் பற்றி அறிந்துகொள்ள உதவக்கூடிய குறிப்புகளையும் வழங்குகின்றன. பெரும்பாலான இம்முறைகள், நினைவாற்றல் அமைப்பினை அறிந்துகொள்ளும் முயற்சியில் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளன.

கார்ல் லேஸ்லி (Karl Lashley) என்பவர், நினைவாற்றல் தடங்களை அறிந்துகொள்வதற்கு அறுவை சிகிச்சை மூலம் மூளைப் பகுதியை நீக்கிவிடும் வழிமுறையைப் பின்பற்றினார். சிக்கலான பாதை மூலம் இலக்கை அடையும் நிலைக்கு (maze) பல எலிகளைப் பழக்கினார். சில சோதனை எலிகளின் பெரு மூளையின் ஒரு பகுதியை நீக்கிவிட்டு, மற்ற எலிகளுடன் ஒப்பிட்டு, மூளைப்பகுதி நீக்கப்பட்ட எலிகளுடைய திறனை ஆராய்ந்தார். நீக்கப்பட்ட மூளைப்பகுதியின் அளவு வெவ்வேறு விதமாக இருந்தது. 50 சதவிகித அளவுகூட நீக்கப்பட்டது என்றாலும்கூட, வியக்கத்தக்க வகையில் மூளைப்பகுதி நீக்கப்பட்ட பின்பும், கற்கும் திறனிலும், நினைவாற்றல் திறனிலும் மிகக்குறைந்த அளவே இழப்பு ஏற்பட்டது. ஒரு குறிப்பிட்ட இடம் இதுதான் என்று கண்டறிய முடியவில்லை. மிகத் தீவிரமாக பல சோதனைகளில் ஈடுபடுத்திய பின்பு, கார்ல் லேஸ்லி (படம் 2.1) முடிவில் நகைச்சுவையோடு இவ்விதம் குறிப்பிட்டார்: “நினைவாற்றல் தடத்தின் இருப்பிடம் பற்றிய அடையாளத்தை உற்றுநோக்கும்போது, கற்றல் என்பது அறவே முடியாது என்ற முடிவிற்குத்தான் வரவேண்டும் என்று



படம் 2.1 : கார்ல் லேஸ்லி

நான் சிலபொழுது உணர்கிறேன்". என்ற போதிலும் நினைவாற்றல் தடம் (engram) கண்டறியப்படுவதில் கார்ல் லேஸ்லிக்கு ஏற்பட்ட தோல்வி, அதிகக் கருத்தாழமிக்க சிக்கல்களைக் கொண்டதாகும். தன்னுடைய தோல்விக்குக் காரணம், பெருமூளையின் பல்வேறு பகுதிகளின் பணிகள் தெளிவற்று சிக்கலாக அமைந்திருப்பதே என்று லேஸ்லி கூறியுள்ளார். ஒரு குறிப்பிட்ட பகுதியின் பணி என்னவென்று குறிப்பிட்டுக் காட்ட முடியும் என்றபோதிலும், அப்பகுதி நீக்கப்பட்ட பின்பு, அதன் பணி முழுவதுமாகத் தடை படத்தேவையில்லை.

சோதனை எலிகள் 'சிக்கல்பாதை இலக்கையடைதல்' (maze) என்பது, பார்த்தல், நுகர்தல், இடம் பற்றிய பல குறிப்பீடுகளின் அடிப்படையில் அமைந்ததாகும். ஒவ்வொன்றின் செயல்களும், பல்வேறு பணிப்பகுதிகளிலும் முறைப்படுத்தப்படுவதாக அறியப் பட்டுள்ளது. ஆகவே, ஒரு கண்ணோட்டத்தில் பார்க்கும்போது, இக்குறிப்பீடுகளின் நினைவாற்றல், பல்வேறு நரம்பு அமைப்பு களிடையே பரப்பப்பட்டுள்ளது என்றும், அவையனைத்துமே சிக்கல்பாதை இலக்கையடைதலில் பங்குபெறுகின்றன என்றும் கருதப்படுகிறது. ஒரு பகுதியைத் துண்டித்து, இவ்வமைப்புகளின் தொடர்பை லேஸ்லி சிதைத்தபோது தோன்றிய பின்விளைவு, நடத்தையில் குறிப்பிடத்தக்க மாற்றங்களை நிகழ்த்தவில்லை என்பதையே காட்டுகிறது. மேலும், பெருமூளைப்பகுதிகள், ஒரு குறிப்பிட்ட அளவுக்கு சிதைந்த பகுதிகளின் இழப்பை மறைத்துவிடு கின்றன. லேஸ்லி மேற்கொண்ட சோதனைகள், மூளை அதன் பணிப்பொறுப்பை எவ்விதம் நிர்வகிக்கிறது என்ற முக்கியச் செய்தியை எடுத்துக் கூறியதேயாகும். நல்லதொரு சமூக சேவை அமைப்பினைப்போல, எல்லாவற்றையும் உள்ளிட்ட நம்பத்தகுந்த அமைப்பாக இருப்பதோடு, ஒரு பகுதியைக் கொண்டு சிதைந்த மறு பகுதியைச் சரிசெய்துகொள்கிறது.

கி.பி. 1940இல் வைல்டர் ஜி. பென்ஃபீல்ட் (Wilder G. Penfield) என்பவர் (படம் 2.2) ஒரு புதிய முறையைக் கையாண்டார். இவர் கனடா நாட்டிலுள்ள மான்ட்ரியல் நகர், நரம்பியல் கழகத்தில் பணிபுரிந்த நரம்பியல் அறுவை சிகிச்சை நிபுணராவார். பெரு மூளையின் அமைப்பை நிர்ணயிக்க, மின்தூண்டல் முறையைப் பயன் படுத்தினார். சாதாரண மயக்க மருந்தைச் செலுத்தி நோயாளியின் ஒரு குறிப்பிட்ட பெருமூளைப்பகுதியில், மின் தூண்டல் நிகழ்த்தி, அதன்மூலம் அந்நோயாளி பெற்ற அனுபவங் களை விளக்குமாறு செய்தார். பெருமூளை பொட்டெலும்புப்



படம் 2.2 : வைல்டர் பென்ஃபீல்ட்

பகுதி (temporal lobe) தூண்டப்பட்டபோது, நோயாளிகள், முந்திய அனுபவங்களையும், திடீரென நினைவில் தோன்றிய செய்திகளையும், விரிவாக நினைவுகூர்ந்து விளக்கினார்கள். இன்னொரு நிகழ்வும் இப்பகுதியின் பணியை விளக்குகிறது. ஒரு தொழிலாளி, கடுமையான வலிப்பு நோயால் பாதிக்கப்பட்டிருந்தார். அதனைப் போக்குவதற்காக, வில்லியம் பி. ஸ்கோவில் (William B. Scoville) என்பவர், அறுவை சிகிச்சையை மேற்கொண்டு பாதிஅளவு பொட்டெலும்பு பகுதியை நீக்கிவிட்டார். அத்துடன், அருகிலுள்ள 'ஹிப்போகேம்பஸ்' (கடல் குதிரை போன்ற அமைப்பு) என்ற பகுதியையும் இருபுறத்திலும் நீக்கிவிட்டார். இதன் கடுமையான விளைவு, நீண்டகால நினைவாற்றல் திறனை நோயாளி இழந்துவிட்டதேயாகும்.

மான்ட்ரியல் நரம்பியல் கழகத்தைச் சார்ந்த பிரெண்டா மில்நர் (Brenda Milner) (படம் 2.3) என்பவர், ஏதோ ஒரு காரணத்தினால் நினைவாற்றலை இழந்திருந்த, 'ஹெச்.எம்' என்பவருடன், இவர் போன்ற பல நோயாளிகளையும் சேர்த்து, ஆராய்ந்தார். பொட்டெலும்புப் பகுதியிலேற்படும் நோய்க்காயம், ஒரு குறிப்பிட்ட கோளாறைத் தூண்டுகிறது என்பது மில்நருக்குத் தெரியவந்தது. குறுகிய கால நினைவாற்றலை, நீண்டகால நினைவாற்றலாக மாற்றும் திறன் போய்விடுகிறது என்பதும் புலனாயிற்று. என்றபோதிலும், இந்நோயாளிகள், பழக்கப்படுத்திப் பெறும் நினைவாற்றலைப்போல, அடிப்படைக் கல்வியைப் பெற்று, நினைவில் வைத்துக்கொள்ளும் திறனைப் பெற முடிந்தது.



படம் 2.3 : பிரெண்டா மில்நர்

அதாவது, பொட்டெலும்புப் பகுதி பணி சிதைந்த நோயாளிகள், நினைவோடு எண்ணத்தில் பதித்துக் கொள்ள உதவும் எதனையும் கற்க முடியாது. அவர்களது 'தெளிவான நினைவாற்றலும்' 'விரிவான நினைவாற்றலும்' தோல்வியடைந்து விடுகின்றன. என்றாலும்கூட அவர்கள் உணராமலே பெறுகின்ற செய்திகளைத் தேக்கி வைத்துக்கொள்ள முடியும். அவர்களின் 'உள்ளடக்க நினைவாற்றல்' இன்னும் சிதையாமலே நிலைத்திருக்கிறது. 'உள்ளடக்க நினைவாற்றல்' 'தெளிவான நினைவாற்றல்' ஆகியவற்றைக் கொண்ட, சற்று சுதந்திரமான நரம்பு அமைப்புகளின் ஈடுபாட்டைக் காட்டும் ஆதாரத்தை இந்நோயாளிகள் காட்டினார்கள்.

அடிக்கடி நினைவில் தோன்றும் கடந்தகால நிகழ்வுகள், நமது நிகழ்கால நினைவுகளுடன் பின்னிக்கொள்கின்றன. சில நினைவுகள் இலேசாகத் தெரிகின்றன. சில, நிகழ்கால நிகழ்ச்சிகள் போல விளக்கமாகவும் விரிவாகவும் தெரிகின்றன. நினைவுகள் நம்மில் உள்ளனவாகும். நாம் உணராமலே, அவற்றின் துணை கொண்டு, பல முடிவுகளை மேற்கொள்கிறோம். நிகழ்கால விளைவுகளுக்கு விடைகாண முயலுகிறோம். சிலரிடம் இந்நினைவுத்திறன் அழிக்கப்பட்டுவிடுகிறது. கடந்த கால நினைவுகள் அழிந்து விடுவதோடு, புதிய செய்திகளைக் கற்று, நினைவிலிறுத்திக் கொள்ளும் திறனும் சிதைந்துவிடுகிறது அல்லது குறைந்துவிடுகிறது.

இதனை 'மறதி' (amnesia) அல்லது 'நினைவிழப்பு' என்று குறிப்பிடுகிறார்கள். புதிய நினைவுகளை நிறுத்திக் கொள்ளும் திறனை சிலர் இழந்து விடுவதில்லை.

இத்தகையோர் தம் 'வருங்கால நினைவாற்றலை' (anterograde memory) தக்கவைத்துக் கொள்கின்றனர். ஆனால், கடந்த கால நினைவாற்றலை (retrograde amnesia) இழந்து தவிக்கின்றனர். அதற்கு மாறாக, சில மறதியாளர்கள், நீண்ட காலத்திற்கு புதிய செய்திகளை அறிந்துகொள்வதோ, அல்லது அவற்றை நினைவில் நிறுத்திக் கொள்வதோ இல்லை 'ஹெச்.எம்' என்பவரின் நிலை இதுவேயாகும். அவருக்கு 'வருங்கால மறதி' (anterograde amnesia) ஏற்பட்டுவிட்டது. அவர் கடந்த கால செய்திகளை நினைவில் கொண்டுள்ளார். அவரிடம் 'கடந்தகால நினைவாற்றல்' நிலை பெற்றுள்ளது. அவருடைய குறுகியகால நினைவாற்றல் சற்றும் சிதையாமல் உள்ளது. ஒரு நிமிடத்திற்கு முன்பு என்ன நடந்ததோ, அதனை நினைவில் கொண்டுள்ளார். இதற்கு முற்றிலும் மாறாக, அந்தோனியோ டமாசியோ (Antonio Damasio), ஹன்னா டமாசியோ (Hanna Damasio) மற்றும் அவர்களது சகாக்கள் ஆராய்ந்த மற்றொரு நோயாளியிடம் மிக அதிகக் கடுமையான நினைவிழப்பு காணப்பட்டது. பாஸ்வெல் (Bosewell) என்ற பெயருடைய ஒருவருக்கு, வைரஸ் கிருமிகள் தோற்றுவிக்கும் 'ஹெர்பஸ் சிம்ப்ளக்ஸ்' (Herpes Simplex) என்ற நோய் தாக்கியதன் விளைவாக, அவரது பெருமூளையின் பொட்டெலும்புப் பகுதியிலும், முன்பகுதி மூளையின் அடிப்பகுதியிலும் நோய்க்காயம் ஏற்பட்டது. இதன் விளைவு கடுமையாக இருந்தது. பாஸ்வெல், நினைவாற்றலை முற்றிலும் இழந்துவிட்டார். 'வருங்கால மறதி'யும், 'கடந்தகால மறதியும்' ஏற்பட்டுவிட்டன. அவரது சுயசரிதையில், பல நிகழ்ச்சிகள் விடுபட்டுப்போயின. அவரது வாழ்வில் நிகழ்ந்த நிகழ்ச்சிகளில் சிலவற்றை மட்டுமே மிக இலேசாக நினைவுகூர முடிந்தது. அதுவும் தொடர்ச்சியற்று நினைவு கூர்ந்தார். அன்றாட நிகழ்ச்சிகளையும் நினைவுகூர இயலவில்லை. செய்திகளை 40 நொடிகளுக்கு மேலாக நினைவில்கொள்ள முடியவில்லை. ஆனால், வார்த்தைகள் மட்டும் நினைவிலிருந்து தப்பவில்லை என்பது வியப்பாகவே இருந்தது. என்றபோதிலும் தினமும் பயன்படும் பொருட்களைக் கூறவும் அவரால் முடியவில்லை. 'ஹெச்.எம்', பாஸ்வெல் போன்ற நோயாளிகள் குறிப்பிட்ட வகையிலான நினைவாற்றல்களைக் கொண்டுள்ள நரம்பு அமைப்புகளைச் சரியாகக் கண்டறிவதற்கேற்ற உதவியாளர்களாகத் திகழ்கின்றனர்.

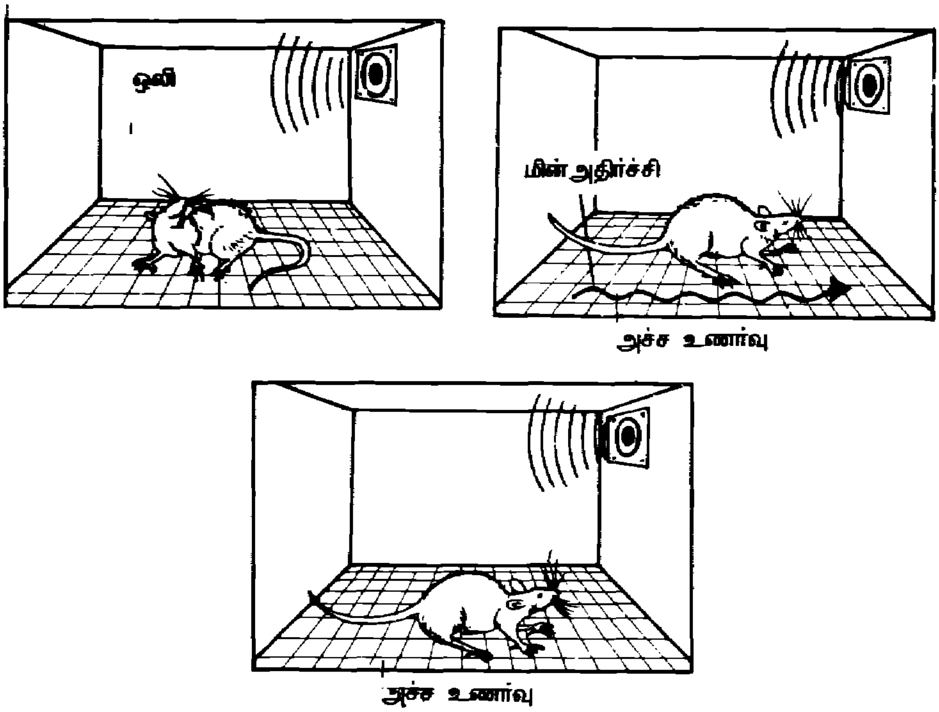
விளக்கமான ஆராய்ச்சிகள், உரிய இலக்கணங்களை உருவாக்க உதவுகின்றன. செய்திகள், குறுகியகால நினைவாற்றலிலிருந்து, நீண்ட கால நினைவாற்றலாக மாற்றம் பெறுவதற்கு முன்பாக, சில நெருக்கடியான நிகழ்ச்சிகள் நடந்தாக வேண்டும் என்று நினைக்கத் தோன்றுகிறது. இது 'ஒருங்கிணைத்தல்' (consolidation) என்று குறிப்பிடப்படுகிறது. 'ஒருங்கிணைத்தல்' பெருமூளையின் பொட்டெலும்புப் பகுதியிலுள்ள ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் நிகழ்வதாகத் தெரிகிறது. விநோதமான நோயாளி ஒருவரின் நிலை இம்முடிவினை ஏற்கும் நிலையை உருவாக்கியுள்ளது. 'லார்ரி ஸ்கொயர்' என்பவரும், அவருடைய குழுவினர்களும் ஆர்.பி. என்ற பெயருடைய நோயாளியை ஆராய்ந்தனர். ஆர்.பி. 'கடந்தகால நினைவாற்றலைப் பெற்றிருந்தார். அவர் தனது கடந்த காலத்தை நினைவுகூர முடியும் ஆனால், புதிய செய்திகளை நினைவில் கொள்ள முடியாது. என்றாலும், அவர் 'கற்பிக்கப் படக்கூடும்'; அவரிடம் எழுதிக் காட்டப்படும் வார்த்தைகளை எளிதாக நினைவு கூர்ந்தார். இதனடிப்படையில், லார்ரி ஸ்குயரும் அவரது குழுவினரும், ஆர்.பியினுடைய நடத்தையிலும், புரிந்து கொள்வதிலுமுள்ள பிரச்சினைகளை விரிவாக ஆராய்ந்தனர். துரதிஷ்டவசமாக, ஆர்.பி. இதய நோயால் மரணமுற்றார். என்ற போதிலும் நினைவாற்றல் பற்றிய ஆராய்ச்சிகள் தொடர்வதற்குரிய கருப்பொருளாக விளங்கினார். அவரது மூளைத்திசுக்கள் முறையாக, உருப்பெருக்கியின் உதவியுடன் ஆராயப்பட்டன. அவரது நோய்க்குரிய காரணம், 'ஹிப்போகேம்பஸ்' பகுதியிலுள்ள சிஏ1 (CAI Field) என்ற ஒரு சிறிய இடத்திலேற்பட்ட சிதைவே என்று கண்டறியப்பட்டது. ஆர்.பி. போன்ற நோயாளிகள், அவர்களுக்கேற்பட்டுவிட்ட துரதிஷ்டமான நோய்களை எதிர்த்துப் போராடிக்கொண்டே, நமது நினைவாற்றல் பற்றிய அறிவை, நன்கொடையாக இவ்வுலகிற்கு வழங்கிச் சென்றுள்ளனர்.

பெருமூளை பொட்டெலும்புப் பகுதியின் உள் ஓரப் பகுதியான ஹிப்போகேம்பஸ் என்ற இடமே, நினைவாற்றல் உருவாக உற்ற இடம் என்பது இப்பொழுது பரவலாக ஏற்றுக் கொள்ளப்படுகிறது. என்றாலும், இந்த இடத்தை செய்திகளின் கிடங்கு என்று கொள்ளமுடியாது. ஏனெனில் இவ்விடம் சிதைந்து அழிந்தபின்பும்கூட, பழைய நினைவுகள் அப்படியே நிலைத்து நிற்கின்றன. தேசிய நல்வாழ்வுக் கழகத்தைச் சேர்ந்த எம். மிஸ்கின் (M. Mishkin), எல். ஸ்கொயர் (L. Squire). எஸ். ஸோலா மார்கன் (S. Zola Morgan) மற்றும் அவர்களது குழுவினர், மறதி

நோயாளிகளை ஆராய்ந்ததோடு, பல பிராணிகளையும் ஆராயத் தொடங்கினர். குரங்குகளைப் பயன்படுத்தினர். விரிவான ஆராய்ச்சி, 'ஹிப்போகேம்ப்பஸ்' ஆற்றும் மிகமுக்கிய, ஆனால் குறைந்த அளவுப் பணிகள் பற்றிய தடயங்களைப் பெற உதவின. ஸோலா மார்கன், எஸ். ஸ்குயர் ஆகிய இருவரும், ஒரு நிகழ்ச்சி முழுவதையும் பதித்துக்கொள்ளும் பெருமூளையின் பல்வேறு இடங்களை இணைக்கும் தற்காலிய மையமாக ஹிப்போ கேம்ப்பஸ் திகழக்கூடும் என்ற முடிவினை வெளியிட்டனர். ஒரு குறிப்பின் பாதி அளவிலிருந்தே, நிகழ்ச்சி முழுவதின் பதிப்பினை உயிர்ப்பிக்க முடியும் என்பதைக் காட்டும் வகையில் தடயங்கள் உள்ளன. புறச்சூழலிலிருந்து செய்திகளை நேரடியாகவும், பிற வழியாகவும் பெற்றுக்கொள்ள உதவும் வகையில், நன்கு இணைக்கப்பட்ட பகுதியாக பெருமூளை விளங்குகிறது. முதல் செய்தியைப் பெறும் பகுதிகள் 'முதன்மை உணர்வுத்தலம்' (primary sensory area) என்பதாகும். அதற்கருகில், 'துணைத்தலங்கள்' (association areas) உள்ளன. இவை பெருமூளையிலுள்ள இடங்கள். இங்கே பல்வேறு முதன்மைத்தலங்களிலிருந்து வரும் செய்திகளைச் சீர்செய்து ஒன்றுசேர்க்கும் உயர்மட்டப் பணிகள் நிகழ்கின்றன. செய்திகளின் வருகை, பெருமூளையின் பொட்டெலும்புப் பகுதியைத் தூண்டி, அதன்மூலம் ஹிப்போகேம்ப்பஸ் பகுதியின் இயக்கம் தொடங்கப்படுகிறது. இத்துடன் ஏற்கெனவே நிலை பெற்றுள்ள செய்திகளையும் ஒப்பிட்டுப் பார்த்தால், ஹிப்போ கேம்ப்பஸ் பகுதியில், பெருமூளைக்குச் செல்லும் செய்திகள் சிறிதுநேரம் தங்கிச் செல்கின்றன என்பது தெரியவருகிறது. சில வாரங்கள் முதல், பல மாதங்கள் வரை ஹிப்போகேம்ப்பஸில் தங்கிச் செல்லும் செய்திகளை அதுவே முறைப்படுத்தி, பின்பு ஒன்றிணைத்து, அதன்பிறகு, குறுகிய கால நினைவாற்றலை நீண்டகால நினைவாற்றலாக, மாற்றுவிக்கிறது. பெருமூளையுடன், இதற்கு பரஸ்பர இணைப்புகள் உள்ளன. பெருமூளையில் செய்திகள் நிலையான பதிப்பாகத் தங்கிவிடுகின்றன. நீண்டகால நினைவாற்றலாகச் செய்திகள் மாற்றம்பெற்று, பெருமூளையில் தேக்கி வைக்கப்பட்டபின்பு, ஹிப்போகேம்ப்பஸின் பணி முடிந்து விடுகிறது. லேஸ்லி கண்டறியத் தவறிய போதும், நினைவாற்றலின் தடங்கள், பெருமூளையில் பொதிந்திருப்பதாகவே தெரிகிறது.

சில நினைவுகள் சிறப்பிற்குரியனவாகும். ஏனெனில், அவை நமது உணர்ச்சியைத் தூண்டக்கூடியனவாகும். அழுத்தமான அனுபவங்கள், உடல்காயங்கள், அதிர்ச்சியான செய்திகள்,

அச்சம்தரும் நிகழ்வுகள் முதலியன என்றென்றும் நமது நினைவில் தங்கிவிடுகின்றன. அச்சம்தரும் நிகழ்ச்சிகள் பிராணிகளிடையே ஒரு தனித்தன்மையுடையனவாகும். கொன்று தின்னும் கொடிய விலங்கிடமிருந்து தப்பிப் பிழைத்தது, மறந்துவிடக்கூடிய ஒரு நிகழ்ச்சியாக இருக்க முடியாது! இந்நிகழ்ச்சி நினைவிலிருந்து தப்பினால், பிராணியின் உயிருக்கே அது உலைவைத்துவிடலாம். நத்தை, எலி, முயல், குரங்கு, மனிதன் ஆகியோரிடம், அச்சம் பற்றிய நினைவாற்றல் மிக ஆழமாகவே பதிந்துவிடுகிறது. பெரும்பாலான பிராணிகளிடம், இது போன்ற நரம்பு அமைப்பு களே காணப்படுகின்றன. பாலூட்டும் பிராணிகளிடம், மற்றொரு லிம்பிக் அமைப்பு ஹிப்போகேம்ப்பஸுடன் இணைந்து, மேலே குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது போன்ற நினைவாற்றல்களை தேக்கிவைக்க உதவுகின்றது. பாதாம் பருப்பைப் போன்ற அமைப்புடைய 'அமிக்டலா' என்ற பகுதியே அது. இத்துடன் இணைந்து உணர்ச்சி மையத்தின் ஒரு பகுதியாகத் திகழ்வது 'தலாமஸ்' என்ற பகுதி. பெருமூளையின் உயர்மையங்களுக்குச் செல்லும் உணர்வுகள், தலாமஸ் பகுதியில் தங்கியே செல்கின்றன. மேலே செல்வதற்காகச் செய்திகள் இங்கே பலவகையாகப் பிரிக்கப்படும்போது, உணர்ச்சி தொடர்பானவை, அமிக்டலா வழியாகவே செல்கின்றன. அண்மையில், நியூயார்க் பல்கலைக்கழகத்தைச் சேர்ந்த ஜெ. லெ டூக்ஸ் (J. Le Doux) என்பவர், அச்சம்தரும் ஒலிகள் எவ்விதம் எலிகளின் நினைவில் பதியப்படுகின்றன என்பதைக் காட்ட, ஒரு புதிய முறையை விளக்கினார் (படம் 2.4). இச்சோதனைமுறை எளிதானது. எலி அடைத்துவைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு கூட்டில், மணிச் சப்தம் ஒலிக்கப்பட்டவுடன், எலியின் காலில் மிதமான மின் அதிர்ச்சி தரப்படுகிறது. எலிக்கு ஏற்படும் அச்சத்தின் விளைவாக தூண்டப்படும் இரத்த அழுத்தமும், அதன் உடல் அசைவுகளும் கண்காணிக்கப்படுகின்றன. முதலாவதாக, மணிமட்டும் ஒலிக்கப் பட்டபோது எலியின் இரத்த அழுத்தத்திலோ, அதன் அசைவு களிலோ எவ்வித மாற்றமும் ஏற்படவில்லை. ஆனால், மணி யோசை மின் அதிர்ச்சியுடன் இணைக்கப்பட்டபோது, இவ்விரண் டிலும் மாற்றங்கள் தோன்றின. இவ்விரண்டு தூண்டுதல்களும், பலமுறை செயலாக்கப்பட்ட பின்பு, மணியோசை மட்டுமே அச்ச உணர்வுகளைத் தோற்றுவித்தது. அதாவது எலி இப்பொழுது அச்ச உணர்விற்கு உட்பட்டுவிட்டது என்பதாகும். லெ டூக்ஸும் அவரது உதவியாளர்களும், இவ்விதம் பழக்கப்படுத்தப்பட்ட எலிகளைப் பயன்படுத்தி, மூளையிலுள்ள அச்சம் தரும் நினைவாற்றல்



படம் 2.4 : அச்ச உணர்விற்கு எலியை உட்படுத்தும் பரிசோதனை

பகுதியைக் கண்டறியும் ஆராய்ச்சிகளைத் தொடர்ந்தனர். மூளைக்குச் செய்திகளை ஏந்திச் செல்லும் நரம்புக்கற்றைகளை பல்வேறு இடங்களில் காயப்படுத்தி, செய்தித் தடங்களைச் சிதைக்கும் முறையைக் கையாண்டனர். இக்குறிப்பிட்ட சிதைவு அச்ச விளைவுகளை எலியிடமிருந்து நீக்கிவிட்டன என்று ஏற்றுக் கொண்டால், அங்கே நினைவாற்றல் தடயங்கள் உட்பட்டிருக் கின்றன என்று நிர்ணயிக்க முடியும். பெருமூளையில் ஏற்படுத்தப் பட்ட காயங்களால் அச்சம் தோற்றுவிக்கும் விளைவுகள் நீக்கப் படவில்லை. மாறாக, தலாமஸ், அமிக்டலா முதலிய பகுதிகளில் ஏற்படுத்தப்பட்ட காயங்களால் இவ்விளைவுகள் நீக்கப்பட்டன. எனவே அச்சத்தைத் தூண்டும் மணியோசை உணர்வு பற்றி, பெருமூளையை ஆய்வு செய்ய வேண்டிய தேவை ஏற்படாமல் போகிறது. கீழ்மட்ட மையங்களில், உணர்வு சென்றடைவதே போதுமானதாகும். செய்திகள், பெருமூளை (cerebral cortex) வரை சென்றடைந்தபோதிலும் அமிக்டலா வழியாகச் செல்கின்றன என்பதை இந்த ஆய்வுகள் காட்டுகின்றன. எண்ணிப் பார்க்காமல், விரைந்து ஒரு செயலை செயலாக்க முடியும் மிருகங்களிடம் அச்ச உணர்வு வலுவாகவும், பரந்தும் காணப்படுவதால், அது எவ்விதம்

நினைவாற்றலில் தேக்கி வைக்கப்படுகிறது என்பது சோதனைகள் மூலம் ஆராயப்பட்டுள்ளது. பிற வலுவான உணர்வுகளையும், இதைப்போலவே மூளை கையாளக்கூடும் என்பது ஏற்புடையதே.

வழித்தடம் இல்லாத பாதையில் நாம் நடந்துசெல்லும்போது, பசுமையான, அடர்ந்த, இருள் சூழ்ந்த வெப்பமண்டலக்காடு நம்மைச்சூழ்ந்து கொள்கிறது. இலைகளிடையே தோன்றும் சலசலப்பும், உறுமல் ஒலியும், உள்ளத்தை உலுக்குகின்றன. உணர்வுச் செய்தி விரைகின்றது. தலாமஸ் வழியாக மூளையின் ஒலிப்பகுதிக்குச் செல்லும்போது, அமிக்டலாவும் அதில் பங்கு பெறுகிறது. இந்த அச்ச உணர்வு உறுதி செய்யப்பட்டு, ஒழுங்கு படுத்தப்பட்ட செய்தி பெருமூளையைச் சென்றடைந்த பின், அங்கிருந்து பிறக்கும் எதிர் விளைவு உறுதிசெய்யப்படுவதற்கு முன்பாகவே, அமிக்டலாவின் வழியாக எதிர்விளைவு விரைகிறது. அமிக்டலா விரைந்து செயல்பட்டதன் காரணத்தை உற்று நோக்கினால், முன்பு இதுபோன்ற ஒரு அனுபவம் தந்த பாடம், ஏற்கெனவே அமிக்டலாவில் தேக்கிவைக்கப்பட்டிருந்ததால் இம்முறை விரைந்து செயல்பட அதனால் முடிந்தது என்பது புலனாகிறது. அதாவது 'உள்ளடக்க நினைவாற்றல்' (implicit memory) உருவானபோது, அதன் உணர்வுச்சாரம் அமிக்டலாவில் பதிவு செய்யப்பட்டுவிட்டது என்பதாகும். 'உள்ளடக்க நினைவாற்றல்' 'தெளிவான நினைவாற்றல்' ஆகிய இரண்டும் உருவாக்கப்பட்டு, தேக்கிவைக்கப்பட்டு, இணையாகவே மீண்டும் வெளியே கொண்டு வரப்படுகின்றன. 'உள்ளடக்க நினைவாற்றல்கள்' 'ஹிப்போகேம்பஸ்' பகுதியை ஈடுபடுத்துகின்றன. அவற்றின் உணர்ச்சிச் சுவை, அமிக்டலாவில் சேர்க்கப்பட்டு விடுகிறது. பெரும்பாலும் குழந்தைப் பருவத்திலேற்பட்ட காயங்கள் நினைவில் தோன்றுவதில்லை. ஏனெனில், இவ்வனுபவங்களை ஒழுங்குபடுத்துமளவிற்கு ஹிப்போ கேம்பஸ் இப்பருவத்தில் முழுவளர்ச்சி பெறுவதில்லை. ஆனால், உணர்ச்சியிலேற்பட்ட காயங்கள் (emotional trauma) நினைவில் நிறுத்தப்படுவதோடு 'அச்சக் கோளாறுகள்' (phobias) என்று அறியப் பட்டுள்ள அறிவுக்குப் பொருந்தாத, முரண்பாடான, தொல்லை தரும் அச்ச உணர்வுகள் அவ்வப்போது வெளிப்பட்டு விடுகின்றன.

அந்தோனியோ டமாசியோ என்பவர், தன் ஆராய்ச்சியின் அடிப்படையில், "உணர்ச்சி (emotion) பக்கபலமாக அமைய முடியும். இல்லையேல், பகுத்தறிவு என்ற மாளிகை ஒழுங்காக செயல்பட முடியாது என்பது மட்டுமல்ல, அது சிதைந்து நொறுங்கி விடவும் கூடும்" என்று குறிப்பிட்டுள்ளார். நமது தனிப்பட்ட

அல்லது கூட்டுச்சமுதாய முடிவுகளை மேற்கொள்ள, உணர்ச்சிகள் ஆதிக்கம் செலுத்துவதோடு, பகுத்தறிவுச் சிந்தனைகளிலும் செல்வாக்கைச் செலுத்துகின்றன. புலனுணர்வுகள் சிதைக்கப் படலாம். தீவிர நெருக்கடிகளால் ஏற்படும் கருத்துக்கள் தவறானவையாக இருக்கலாம். ஆனால், சில சந்தர்ப்பங்களில் அவை மிக முக்கிய விளைவுகளைத் தூண்டுகின்றன. நீதிமன்றத்தில் ஒருவர் சாட்சியம் கூற முன்வரும்போது, அவர் கூறும் வார்த்தைகள், உணர்ச்சி அழுத்தத்தின் பிடியில் அவர் ஒரு வேளை உணர்ந்தவையாக இருக்கக்கூடும். ஆகவேதான் ஒருவருக்கு மேற்பட்ட சாட்சியங்கள் தேவைப்படுகின்றன. அதுபோல, அளவிற் கதிகமான உணர்வு தூண்டப்பட்ட நிலையில் பதியப்படும் எண்ணங்கள், உண்மை நிலை சிதைந்தவாறே பதியப்படுகின்றன. அது பகுத்தறிவுச் சிந்தனை ஓட்டத்திற்கு இடையூறாகிவிடுகிறது. ஓர் ஏமாற்று நினைவாற்றல், நமது வாழ்வின் சீரழிவிற்குக் காரணமாகலாம்.

அனைத்து சோதனைகளின் அடிப்படையில் பார்க்கும்போது, நமது நினைவாற்றலுக்கு பல்வேறுபட்ட 'மூளையின் அமைப்புகள்' தேவைப்படுகின்றன என்று அறிய முடிகிறது. சுருங்கக்கூறின், பெருமூளையும், லிம்பிக் அமைப்பும் ஒன்றுக்கொன்று இணைந்து செயல்படுதல், நினைவாற்றல்கள் அமைவதற்கு அவசியமாகிறது. பெருமூளை செய்திகளைத் தேக்கிவைக்கிறது. இச்செய்திகளை நீண்டகால நினைவாற்றலாக மாற்றுவதற்கு ஹிப்போகேம்ப்பஸ் உதவுகிறது. அத்துடன் நினைவாற்றல் பதியப்படும் ஆரம்ப நிலை களில் தவிர்க்க முடியாத அமைப்பாகவும் அது உள்ளது. அமிக்டலா, உணர்ச்சிப்பகுதியை இணைப்பதற்கு உதவுவதோடு, எத்தகைய நினைவுகள் மிக அழுத்தமாக நிலைபெற வேண்டும் என்பதையும் நிர்ணயிக்கிறது. நமது வாழ்வின் ஒவ்வொரு நிலையிலும் ஊடுருவி, ஹிப்போகேம்ப்பஸ், அமிக்டலா, பெருமூளை ஆகிய இம்மூன்றும் இணைந்து செயல்படுவதன்மூலம் நமது நினைவாற்றல் உருவாகிறது. அத்துடன், நாம் உணர்ந்திருப் பதற்கு மேலாகவும் நமது உலகை ஆட்சி செய்கின்றன.

3

வார்த்தை வழி நினைவாற்றல்

"மனிதன்—குரங்கு உள்ளிட்ட பால்குடி உயிரினத் தொகுதியின் வளமான பொதுக்கருத்துத் தொடர்பான நினைவாற்றல்களின் பரிணாம வளர்ச்சியும், மனித முன்னோடிகளின் ஒலி இயல்திறன்கள், பேச்சொலி பிறக்குமிடங்கள், அவற்றின் தூண்டல் மற்றும் நினைவாற்றல் முதலியனவும், உயர்மட்ட உணர்வுநிலை வெளிப்பாட்டிற்குரிய வாய்ப்பினை திறந்துவிட்டன". உணர்வுநிலை வளர்ச்சிக்கு, பரிணாம வளர்ச்சி நோக்கில் மட்டுமின்றி, நம் ஒவ்வொருவருடைய தனிப்பட்ட வளர்ச்சியிலும்கூட, சொற்பொருள் நினைவாற்றலின் இன்றியமையாத பணியை, ஜெரால்ட் எடல்மன் (Gerald Edelman) குறிப்பிடுகிறார். உண்மையில், மனிதர்கள் (Homo Sapiens) என்ற நிலையடைய பேச்சு இயலில்—குரல் தசை மடிப்புகள், நாக்கு, மேல்வாய் (அண்ணம்), பற்கள், மூளையின் உரிய இடங்கள்—பரிணாம வளர்ச்சி தேவைப்படுகிறது. மனிதன் குரங்கு உள்ளிட்ட உயிரினங்களிடம், ஒரு வேளை முன்பே அமைந்துள்ள, எண்ணம் வடிவுபெறும் மூளை அமைப்பு, ஒலிஇயல் அமைப்புடன் இணைக்கப்பட்டு, மனிதன் குரல் ஒலியுடன் தோன்றினான். பேச்சு, தொடர்புத் திறனுக்கு வலிமை சேர்த்தோடு மூளையின் பொதுக்கருத்துத் தொடர்புத் திறனையும், வியத்தகு வண்ணம் அதிகரிக்கச் செய்தது. இந்த அடையாள 'சொற்பொருள் நினைவாற்றல்', செய்திகளையும், கருத்துக்களையும் பரிமாறிக் கொள்ள உதவுவதோடு, உலகின் பல்வேறு சிக்கல்களைப் பகுத்து, புரிந்து கொள்ளத்தக்க நிலைக்கு மாற்றுவதற்கும் முக்கியத் தேவையாகிவிடுகிறது. உணர்வுகள், அவற்றின் பிரதான இலக்கையும் தாண்டி, நீட்டிப்பதற்கு உதவுகிறது. அத்துடன் பெறும் அனுபவத்தில் புதிய அளவையும் நிர்ணயிக்கிறது. அன்றாடம் ஒருவருக்கொருவர் ஆற்றும் செயல்பாடுகளின் மென்மையான நுட்பங்களை நாம் உணர உதவுவதோடு, வார்த்தைகள் மற்றும்

கருத்துக்களின் நினைவாற்றல், நம்மை முற்றிலும் மாறுபட்ட வாழ்வு நிலைக்குக் கொண்டு செல்கிறது. நமது முன்னோர்கள் (hominis), பூமிக்கோளத்தில் நிலைத்திருப்பதில் பெற்ற வெற்றி, நாம் காட்டும் பரஸ்பர உறவின் திறனில் அமைந்திருக்கிறது. மனித இனம் நிலைத்திருப்பதற்கு, பெற்றோர்களும், அவர்களின் பெற்றோர்களும், அவர்களுக்கிடையே கொள்ளும் கூட்டுறவுத் தொடர்பும் மிக முக்கிய பங்கு வகிக்கிறது. நமது இனம் அழியாமல் நிலைத்திருப்பதற்குரிய வழிமுறைகள் பற்றிய குறிப்புகள், தலை முறை தலைமுறையாக வழங்கப்பட்டு வருவது நாம் வாழ்வின் சிக்கல்களைக் கடந்துசெல்ல வழிகாட்டுகிறது. நமது மூதாதையர் அவர்களின் வாழ்நாளில் சேகரித்து வைத்த செய்திக் குறிப்புகள் மீது நாம் முழு நம்பிக்கை கொள்கிறோம். நமது நூலகங்களை அழகுபடுத்துவதாக இக்கூட்டு நினைவாற்றல் சேமிப்புக்கிடங்கு அமைந்துள்ளது. இதில் ஒரு சிறுபகுதியைப் பயன்படுத்தி, அதனை நம் ஒவ்வொருவரின் நினைவாற்றல்களின் பகுதியாக்கி, நமது வார்த்தைகளின் நினைவாற்றலை வளர்த்துக் கொள்கிறோம். நாம் கொள்ளும் தொடர்பிற்கும், நமக்குப் பின்பு வருபவர்களுடன் கொள்ளும் தொடர்பிற்கும் உதவும் சிறந்த வழிமுறை, நமது மொழி யறிவேயாகும். மொழி பற்றிய அறிவு, நமது வாழ்விற்கு உன்னத வளம் தருகிறது. இந்நினைவாற்றல், நமது நரம்பு மண்டலத்தில், எங்கே, எப்படி நிலைபெற்றுள்ளது என்ற வினா, விஞ்ஞானிகளை குழப்பத்தில் ஆழ்த்தியுள்ளது. சில நேரங்களில் நமது வாயிலிருந்து கொட்டும் வார்த்தைப் பிரளயம் வியப்பைத் தருகிறது. இது சொற்பொருள் நினைவாற்றலின் பணியேயாகும். பிறருடன் சிறந்த தொடர்பினை ஏற்படுத்திக் கொள்ள, ஒலியினடிப்படையில் அமைந்துள்ளது. நமது மொழியின் பல்வேறு பகுதிகளை மிகக் கவனமாகக் கையாள வேண்டும். 'ஒலியங்கள்' (phonemes) என்ற தனி வார்த்தை அலகுகள் ஒன்று சேர்ந்து அர்த்தமுள்ள 'சொல் இலக்கணக் கூறு'களை (morphemes) தோற்றுவிக்கின்றன. 'சொற் றொடரியல்' (syntax), அதாவது ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்ட வார்த்தை களின் தொடரான மொழி இலக்கணமும் முக்கியப் பங்கு வகிக்கிறது. பொருத்தமான 'யாப்பிலக்கணம்' (prosody), ஒலி மற்றும் ஒரு கருத்தை அமைப்பதற்கு, பல சொற்றொடர்களை இணைத்துக் கூறும் திறன் முதலியவற்றைப் பெற்று, பொருத்தமான இடத்தில் பயன்படுத்த வேண்டும். மனிதர்களிடையே வளர்ச்சி பெற்றுள்ள மொழி, பல கருத்துக்களையும், புலனாகாத செய்திகளையும் எடுத்துக்கூறுகிறது. ஆகவே, உணர்வுகள் மூலம் பெற்றுத் தேக்கி

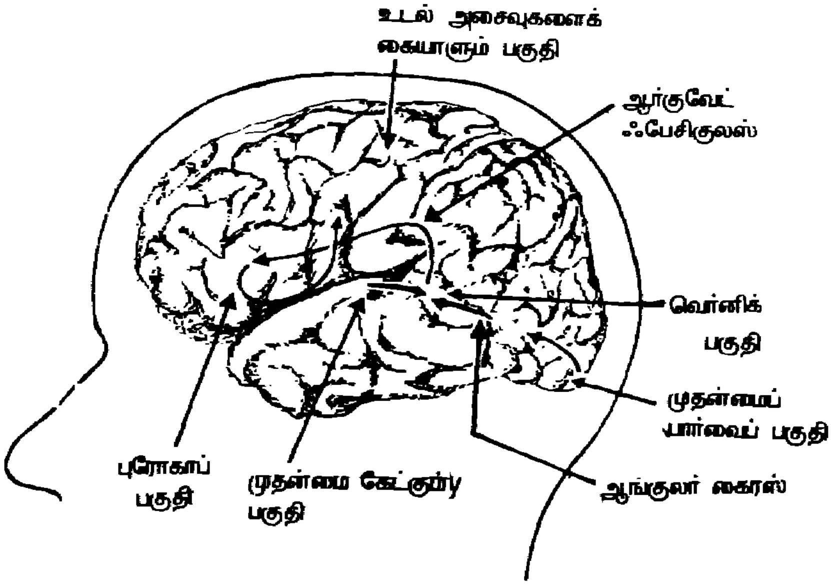
வைக்கப்பட்டுள்ள கிடங்கிலிருந்து பிறக்கும் வார்த்தைகளின் இணைப்பு எதிர்பார்க்கப்படுகிறது. 'சொற்பொருள் நினைவாற்றல்' எப்படி இயங்குகிறது என்பதைக் கண்டறிதல் எளிதான செயலன்று.

சான் டியாகோ நகரைச் சேர்ந்த ஏ.ஆர். டமாசியோவும் உதவியாளர்களும், நமது மூளை எவ்விதம் வார்த்தைகளைக் கையாளுகிறது என்பதை விளக்க ஒரு முன்மாதிரியைக் காட்டுகின்றனர். நமது சிந்தனைக்கு, கருத்து அடிப்படையில் வழங்கும் மொழி, மூன்று அமைப்புகள் இணைந்து செயல்படுதலின் விளைவே என்று நம்புகின்றனர். முதலாவதாக, சொல்சாராத செய்திக் கிடங்கு, புறச்சூழல்களை ஆய்வதன்மூலம் பெறும் உணர்வுகள் உட்சென்று, பெருமூளையின் இருபகுதிகளாலும் பிரித்தறியப்படுகின்றன. நாம் உணரும் பார்வை, கேட்கும் ஒலி, தொடும் உணர்வு, ருசி முதலிய அனைத்தும் சொல்சாராத செய்திகளே ஆகும். இச்செய்தி பலவாறாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. முன்பே சேகரிக்கப்பட்ட செய்தித் தொடர்பின் அடிப்படையில் வகைப் படுத்தப்பட்டுள்ளது. நிறம், உருவ அமைப்பு, அதன் தன்மை ஆகிய வற்றின் அடிப்படையில் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. நிகழ்வுகளின் வரிசை, செய்திகளின் வரைமுறைப்படியே அமைந்துள்ளது. பெருமூளை இணைப்பின் விளைவாக இறுதியில் ஒரு கருத்து, ஒரு மறைபொருள் தோன்றுகிறது. இந்த சொல்சாராத உணர்வுகள், சொல் சார்ந்த தொடர்பினைக் கண்டறிய வேண்டும். ஒவ்வொரு உணர்வும், தொடர்பு கொள்ளத்தக்க வார்த்தை வடிவமாக மாற்றம் பெறவேண்டும். நாம் என்ன பார்க்கிறோம் என்பது வார்த்தைகள் மூலம் சொல்லப்பட வேண்டும்.

இரண்டாவதாக, நரம்பு அமைப்பு. இது வலது கைப்பழக்க முள்ளவர்களுக்கு, இடது பெருமூளையில் அமைந்துள்ளது. இங்கே வார்த்தைகளின் தொகுப்பு உள்ளது. 18ஆம் நூற்றாண்டில், புகழ் பெற்ற இரு உயிரியல் நிபுணர்கள், பெருமூளையில் அமைந்துள்ள இவ்வமைப்புகளின் மையங்களைக் கண்டறிந்தனர். பால் புரோகா (Paul Broca) என்பவர், பேச்சில் குறைபாடுள்ள நோயாளிகளைக் கவனமாக ஆராய்ந்து, பேச்சுமையத்தைக் கண்டுபிடித்தார். இது 'புரோகாவின் இடம்' என்று குறிப்பிடப்படுகிறது. இது, உடல் இயக்க மையத்துடன் இணைந்து வார்த்தைகளின் தொகுப்பை உண்டுபண்ண முகத்தசைகளின் அசைவுகளை ஒன்றுபடுத்துகிறது. இவ்விடம் பழுதடைந்தால், என்ன சொல்லப்படுகிறது என்பதை நோயாளி விளங்கிக் கொள்ள முடியும். ஆனால் சரியான சொற்றொடரை அமைக்க முடியாது. வெர்னிக் (Wernicke) என்பவர்

கண்டறிந்த மற்றொரு இடம் மூளையின் பொட்டெலும்புப் பகுதியில் உள்ளது. 'வெர்னிக்கின் இடம்' என்று குறிப்பிடப் படுகிறது. சாதாரணமாக சொல்லப்படும் சொற்பணி மையமாகும் (படம் 3.1). புரோகாவின் இடத்தையும், வெர்னிக்கின் இடத்தையும் இணைக்கும் பாலமாக அமைந்திருப்பது ஆர்குவேட் ஃபேசிகுலஸ் (arcuate fasciculus) என்ற அமைப்பாகும். வெர்னிக்கின் இடம் பழுதடைந்தால், நோயாளி சரளமாகப் பேச முடியும். ஆனால் பொருத்தமற்ற வெளிப்பாடாகவே இருக்கும். வார்த்தைகள் சரியாக இருக்கலாம். அதன்பொருள் பொருத்தமற்றதாகவே இருக்கும். ஒலியம், ஒலியங்களின் தொகுப்பு, எழுதப்படும் அல்லது சொல்லப் படும் வார்த்தைகளை இணைப்பதற்குரிய சட்ட திட்டங்கள், மொழி இலக்கணம் முதலியன வெர்னிக்கின் இடத்திலேயே அமைந்துள்ளன.

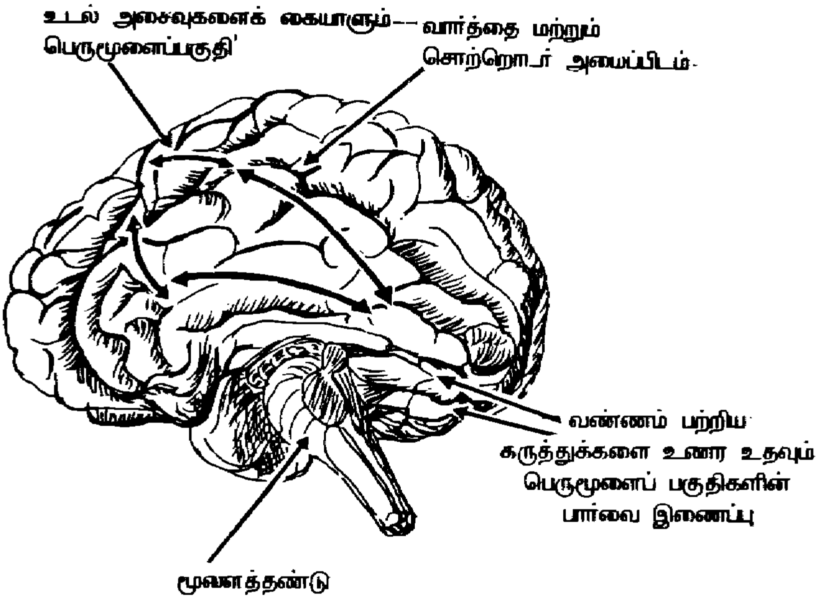
மூன்றாவதாக, டமாசியோவும், அவரது குழுவினரும் விளக்கிய முன்மாதிரி, மேற்கூறிய இரண்டு அமைப்புகளையும் இணைக்கிறது. இடது பெருமூளையில் இது ஒருவேளை அமைந் திருக்கலாம். உணர்வையும், பொதுக்கருத்துத் தொடர்பான செய்தி களையும் அவற்றை விவரிக்கும் சொற்களையும் ஒன்றிணைக்கும் பணியைச் செய்கிறது. ஒரு கருத்தை விளக்கும் வார்த்தையைக் கேட்கும்போது அல்லது படிக்கும்போது, இந்த அமைப்பு தூண்டப்



படம் 3.1 : செவிவழி கேட்ட சொற்களைப் பேசும்போது, அல்லது வாசிக்கும்போது, ஒன்றின்மீது மற்றொன்று செயல்படும் பெருமூளைப்பகுதி.

படுகிறது. ஓர் எண்ணம், வார்த்தைகளாக வெளிவரும்போதும் இது தூண்டப்படும். மேற்கூறிய மூன்று நரம்பு மண்டல அமைப்புகளும் ஒட்டி ஒன்றிணைந்து, உணர்வுகளை, தொடர்ந்த, இடைவெளியற்ற எண்ணங்களாக மாற்றியமைக்கின்றன. இவ்வெண்ணத்தில் விளையும் கருத்துக்கள் பேச்சுமூலமும், எழுத்து மூலமும் வெளியிடப்படுகின்றன. டமாசியோவின் கருத்துக்கள், பற்பல காரணங்களினால் பேசித் தொடர்புகொள்ள முடியாத பல நோயாளிகளை ஆராய்ந்து பெற்ற செய்திகளின் அடிப் படையில் அமைந்தவையாகும். இந்நோயாளிகள், சொற்பொருள் நினைவாற்றல் பற்றிய மூன்றடுக்கு நரம்பு மண்டல அமைப்பினை எடுத்துக்காட்டுபவர்களாக உள்ளனர்.

பிரான்சிஸ் கிரிக் (Francies Crick) என்பவர், உயிரின் மூலக் கூறான டிஎன்ஏ. (DNA) என்ற புதிரை விடுவித்த பிறகு, மற்றொரு மிகப் பெரிய உயிரியல் இரகசியமான 'உணர்வுநிலை' (consciousness) என்பதை அறிய முயன்று வருகிறார். பார்வை அமைப்பைப் பற்றி ஆராய்ந்து வருவதோடு 'பார்வை உணர்வுநிலை' பற்றி புரிந்து கொள்ளவும் முயற்சித்து வருகிறார். பார்த்தல் என்பது ஓர் எளிதான செயலன்று. கிரிக், "இதனை ஆக்கப்பூர்வமான செயல்முறை (constructive process)" என வர்ணிக்கிறார். "இச்செயல் முறையில், பார்வையின்மூலம் பெறும் பல்வேறுபட்ட காட்சி களைச் சமமாகப் பாவித்து, முந்தைய அனுபவத்தின் வாயிலாக, அவற்றைப் பொருள் நிறைந்த ஒரு காட்சியாக மாற்றம் செய்வதற்கு, மூளை முயற்சிக்கிறது" என்று மேலும் விளக்குகிறார். ஆகவே, சொற்பொருள் ஆய்வியலின் நரம்புத் தொடர்புகளை பிரித்தெடுப் பதற்கு உதவும் சிறந்த ஓர் அமைப்பாக, பார்வை அமைப்பு அமைந்துள்ளது. மூளையின் இப்பகுதியில் ஏற்படும் குறிப்பிடத் தக்க சிதைவு 'அக்ரோமடோப்சியா' (achromatopsia) என்று அழைக்கப்படுகிறது. 'இராசாயனத் தந்தை' என வர்ணிக்கப்படும் ராபர்ட் பாயல் (Robert Boyle) என்பவர், கி.பி. 1688இல், முதன் முதலாக, இந்நோயைப் பற்றிக் குறிப்பிட்டார். அக்ரோமடோப்சியா' நோயினால் பாதிக்கப்படும் நோயாளி வண்ணங்களைப் பார்க்கும் திறனை இழப்பதோடு, வண்ணத்தை கற்பனை செய்யும் திறனையும் இழந்து விடுகிறார். கறுப்பும் வெள்ளையும் கலந்த சாம்பல் நிறமாக உலகம் அவருக்குத் தோன்றுகிறது. 'சிவப்பு' நிறம் என்ற வார்த்தைக்கே இடமில்லை. பார்வை வழித் தடத்தில் கோளாறு ஏதுமில்லை. ஆனால் வண்ணங்களை உணரும் மூளையின் நரம்பு மண்டல அமைப்பு செயலிழந்து விடுகிறது.



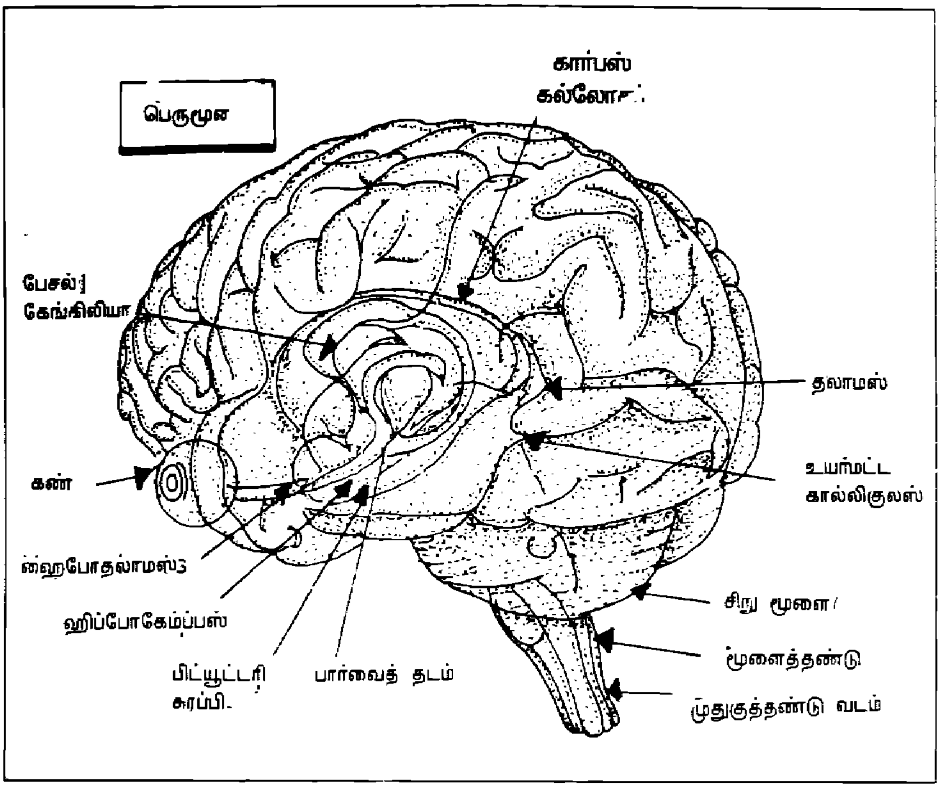
படம் 3.2 : வண்ணத்தை உணர்ந்தறிந்து சொற்களை வழங்குவதற்கு உட்படும் மூளைப்பகுதிகள்

உணர்வுகளின் உதவியின்றி, வண்ணங்களை உணரும் செயல்முறை அமைப்பு அமைந்திருப்பதை மறைமுகமாகக் காட்டும் அடையாளமாக இது போன்ற நோய்கள் அமைந்துள்ளன.

சில மனிதர்கள் பார்வை உணர்வைப் பெற்றுள்ளர். பலவித நிறங்களையும் அடையாளம் காணமுடியும். ஆனால், உரிய சொற்களுடன் உச்சரிக்கும் திறனை அவர்கள் இழந்துவிடுகின்றனர். உதாரணமாக, சிவப்பு நிறத்தைக் குறிக்கும் 'ரெட்' (red) என்ற வார்த்தையை 'ரெஹ்' (reh) என்றும், நீலநிறத்தைக் குறிக்கும் 'புளூ' (blue) என்ற வார்த்தையை 'புஹ்' (buh) என்றும் உச்சரிப்பார்கள். குறிப்பிட்ட நிறத்தைச் சரியாக உச்சரிக்கும் ஒலியில் சிதைவு ஏற்பட்டுள்ளது. இந்நோயாளிகளுக்கு, மூளையின் பொட்டெலும்புப் பகுதியிலும் (temporal region) மேல் நடுப்பகுதியிலும் (parietal region) நோய்க்காயம் ஏற்பட்டிருப்பதாகக் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. உணர்வுகளுக்குரிய வார்த்தைகளை ஒலிக்க உதவும் நரம்பு மண்டல அமைப்பில் சிதைவு ஏற்பட்டிருப்பதே இந்நோயாளிகளுக்கு ஏற்பட்டுள்ள பிரச்சினையாகும் (படம் 3.2).

பலவித நிறங்களும், அவற்றின் பெயர்கள் முரண்பாடாகவும் பதிக்கப்பட்ட ஒரு வரைபடம், சில மனிதர்களுக்குக் காட்டப் பட்டது. அவர்கள் பார்க்கும் நிறத்திற்குரிய சரியான பெயரைக்

படம் I



படம் I : மூளையின் தோற்றம்

படம் II

மனித மூளை

முன் மூளை

பெருமூளை
டையென்செஃபலான் (தலாமஸ், ஹைபோதலாமஸ்
மற்றும் அதன் சுற்றுப்புறங்கள்)

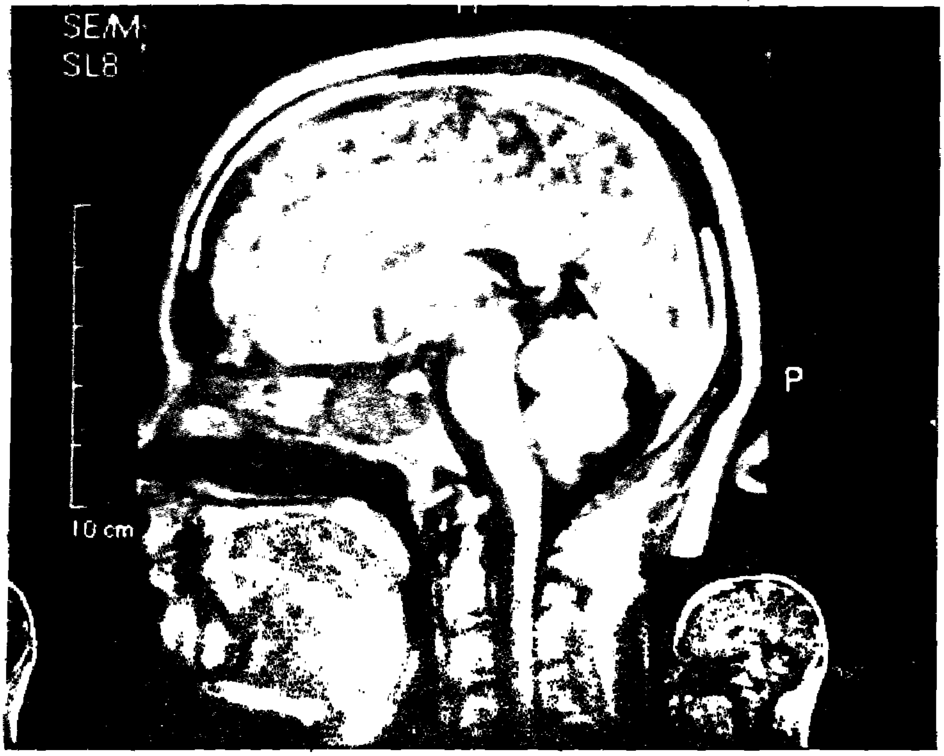
நடு மூளை

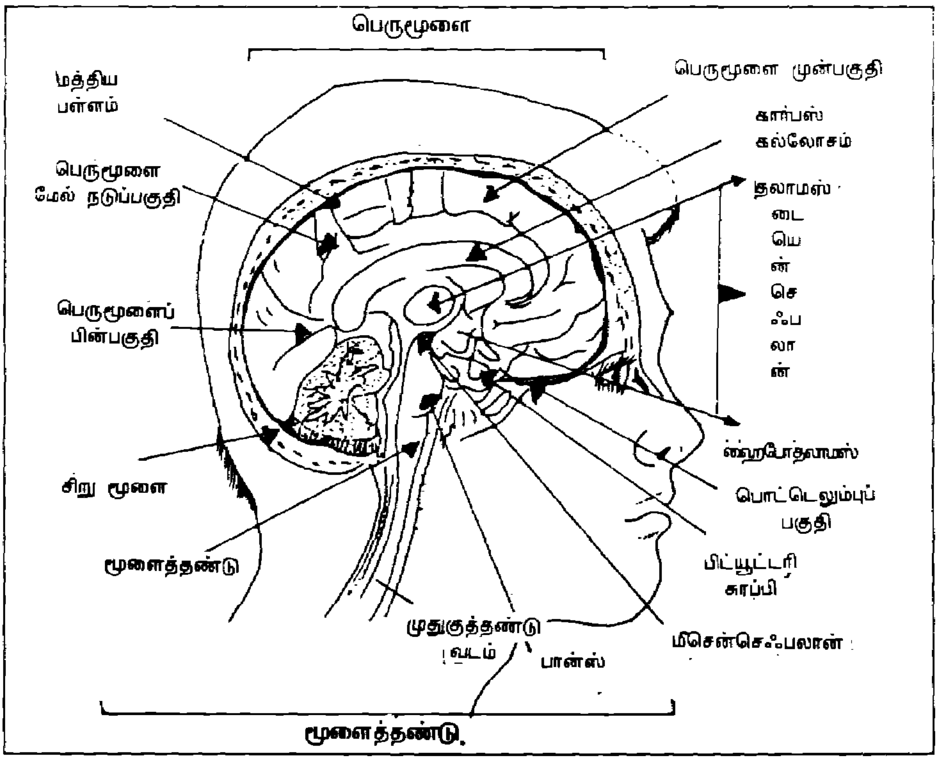
மீசென்செஃபலான்

பின்மூளை

சிறு மூளை
பான்ஸ்
மூளைத்தண்டு

படம் III





படம் III : எம்.ஆர்.ஐ. மூலம் தோன்றும் மூளையின் குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றம்

படம் IV

மூளைத் தண்டு

நடுமூளை

பெருமூளையிலிருந்து செய்திகளை பான்ஸ், முதுகுத்தண்டு வடம் முதலிய பகுதிகளுக்கு அனுப்புகிறது. முதுகுத் தண்டிலிருந்து தலாமஸ் பகுதிக்கும் அனுப்புகிறது.

கீழ்மட்ட கால்லிகுலஸ்கள் : கண்களின் அசைவுகளை ஒன்று படுத்தி இயக்கும் நடுமூளையின் ஒரு பகுதி.

உயர்மட்ட கால்லிகுலஸ்கள் :செவி வழியாகத் தூண்டப்படும் பொழுது தலை மற்றும் உடலின் அசைவுகளை ஒன்றுபடுத்தி இயக்கும் நடுமூளையின் ஒரு பகுதி.

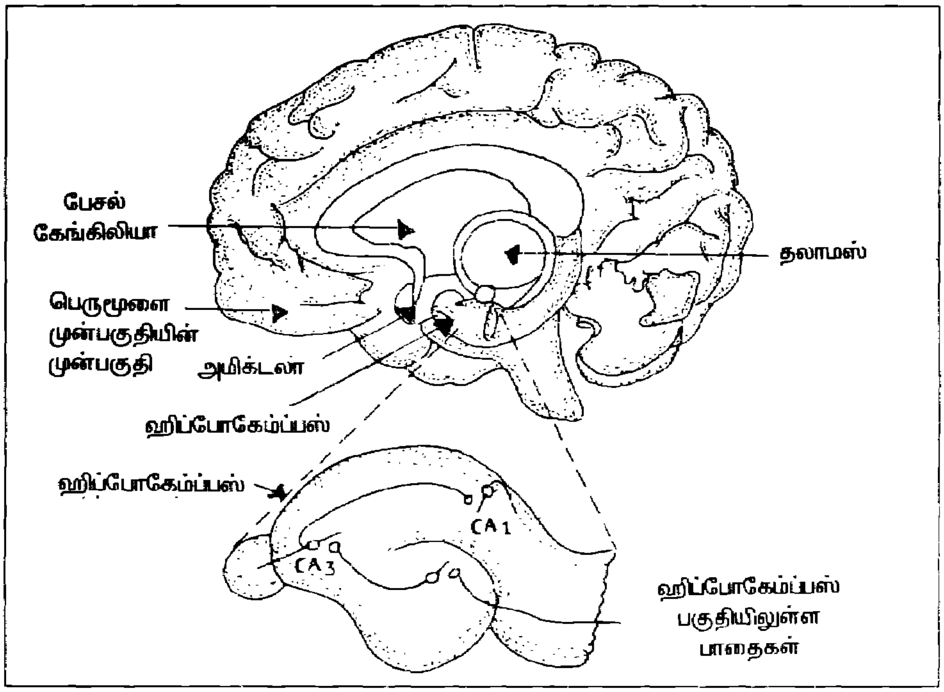
பின்மூளை

பான்ஸ் : மூளைக்கு உள்ளேயும், மூளையின் பல பகுதிகளுக்கும், முதுகுத் தண்டுவடம் ஆகியவற்றிற்கிடையேயும் செய்திகளை அனுப்புகிறது. மூளைத்தண்டுடன் இணைந்து சுவாசத்தை நிர்வகிக்கிறது.

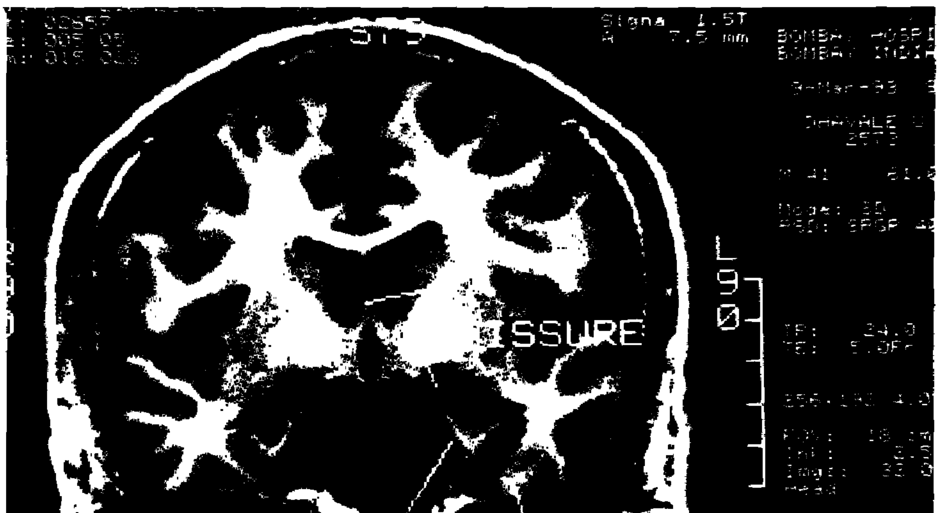
மூளைத்தண்டு: மூளையின் பல பகுதிகளுக்கிடையே சமிக்ஞை களை அனுப்புகிறது; உணர்வு நிலையிலும், தூண்டப்படும் நிலையிலும் செயல்படுகிறது; இதயத் துடிப்புகளையும், இரத்த ஒட்டத்தையும் ஒழுங்குபடுத்துகிறது; பான்ஸ் பகுதியுடன் இணைந்து, சுவாசத்தைக் கட்டுப்படுத்துகிறது; இருமல், விழுங்குதல், வாந்தி, தும்மல், விக்கல் முதலியவைகளை ஒழுங்குபடுத்துகிறது; உடலின் சமநிலையை நிலைநிறுத்த உதவுகிறது.

சிறுமூளை: நிற்றல், அமர்தல், படுத்தல் முதலிய நிலைகளுக்குரிய தசைகளின் இயக்கங்களைக் கட்டுப்படுத்துகிறது; இயக்கத்தின் பொழுது, தசைகள் சுருங்குவதற்குரிய கால வரிசை முறையை ஒழுங்குபடுத்துகிறது.

படம் V



படம் V அ : ஹிபோகேம்ப்பஸ்ஸின் வரைபடம். அது அமைந்துள்ள பகுதி, முக்கிய நரம்பு இணைப்புகள் முதலியவற்றைக் காட்டும் குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றம்.



படம் V ஆ : ஹிப்போகேம்ப்பஸ் மடிப்பைக் காட்டும் எம்.ஆர்.ஐ. தோற்றம் (நன்றி: டாக்டர் எம். உர்சேகர், பம்பாய் மருத்துவமனை, மும்பை)

படம் VI

டையென் செஃபலான் மற்றும் லிம்பிக் அமைப்பு (முன்மூளை)

டையென் செஃபலான்

தலாமஸ்: உணர்வு உறுப்புகளிலிருந்து வரும் செய்திகளை அனுப்பும் மையம் (நுகரும் செய்திகளைத் தவிர) பெரு மூளையிலிருந்து, முதுகுத் தண்டுவடத்திற்குச் செய்திகளை அனுப்புகிறது. வலி, அழுத்தம் முதலியனவற்றை உணர்த்துகிறது. உளக் கிளர்ச்சி, நினைவாற்றல் முதலிய பணிகளில் முக்கிய பங்கு வகிக்கிறது.

ஹைபோதலாமஸ் : தானாக இயங்கும் நரம்பு மண்டல அமைப்பினை ஒன்றிணைத்துக் கட்டுப்படுத்துகிறது; பிட்யூட்டரி சுரப்பியின் பணிகளை ஒழுங்குபடுத்துகிறது; உடல் வெப்பம், உணவு உட்கொள்ளுதல், தாகம் முதலியவற்றைக் கட்டுப் படுத்துகிறது; உறக்கம், விழிப்புநிலை முதலியவற்றின் சீரான இயக்கத்தை ஒழுங்குபடுத்துவதில் பங்கு வகிக்கிறது; கோபம், ஆக்ரமிப்பு நிலைகளையும் இயக்குகிறது.

லிம்பிக் அமைப்பு:

அமிக்டலா: ஹிப்போகேம்ப்பஸ்ஸுடன் இணைந்து பணியாற்றுகிறது. பல்வேறு தருணங்களில், நடைமுறை (நடத்தை)யைக் கட்டுப் படுத்துகிறது.

ஹிப்போகேம்ப்பஸ்: நினைவாற்றலைத் தேக்கி வைக்கும் பணியில் ஈடுபடுகிறது.

மாமில்லரிபாடிஸ்: மனநிலை, விழிப்பு நிலை முதலியவற்றை நிர்ணயிக்கிறது.

செப்டம் பெல்லுசிடம்: கோபத்தைக் கட்டுப்படுத்துகிறது: தானாக இயங்கும் நரம்பு மண்டல அமைப்பையும் கட்டுப்படுத்துகிறது.

லிம்பிக் கார்டெக்ஸ்: நடைமுறை (நடத்தை)யைக் கட்டுப்படுத்துகிறது.

படம் VII



படம் VII : பெருமூளையின் இரண்டு அரை உருண்டை வடிவத்தின் கீழ்ப்பகுதியின் தோற்றம்.
F - முன்பகுதி, P - மேல்நடுப் பகுதி, O - பின்பகுதி, LF - நீளப்பாங்கான பிளவு, CS - நடுப்பள்ளம், A - ஆர்டிஃபேக்ட் என்ற செயற்கைத் தோற்றம்

வலது கைப்பழக்கமுள்ளவர்களிடம், இடது பெருமூளை அரைஉருண்டை ஆதிக்கம் செலுத்துகிறது.
கீழ்வருமாறு பணி அமைப்புகள் தோன்றுகின்றன :

பெருமூளை இடது அரைஉருண்டை	*பெருமூளை வலது அரைஉருண்டை*
வார்த்தை ஒலி	வார்த்தையல்லாத ஒலி
மொழி விளக்கம்	இசை விளக்கம்
கணிதம்	வடிவியல்
வரிசை முறை	இடம் சார்ந்தவற்றைப் புரிதல்
பகுப்பாய்வு	உலகம் அல்லது காலம் சார்ந்த கலவை

இரண்டு உருண்டைகளும் நரம்புக் கற்றைகள்மூலம் நன்கு இணைக்கப் பட்டுள்ளன.

படம் VIII

பெருமூளை
(முன்மூளை)

பெருமூளை கீழ்க்காணும் பகுதிகளால் ஆக்கப்பட்டுள்ளது :

புறப்பகுதி
உள்மையக் கருக்கள் (பேசல் கேங்கிலியா)
வெண்ணிறப் பகுதி
உட்குழிப்பள்ளம்

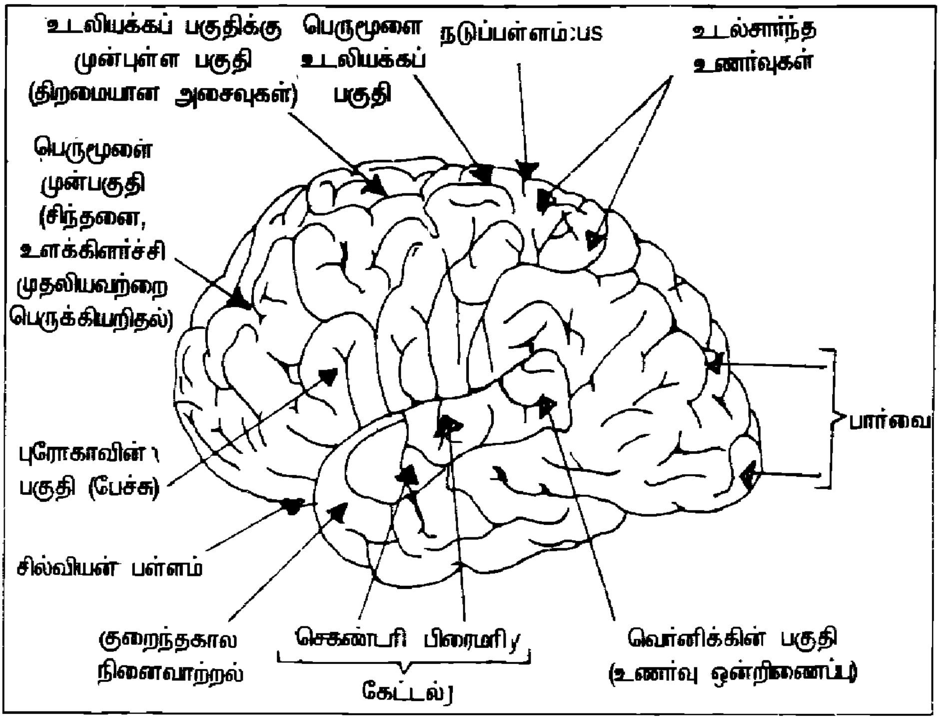
பெருமூளையின் இரண்டு உருண்டைகளும் நான்கு பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன :

முன் பகுதி
மேல் நடுப்பகுதி
பின்பகுதி
பொட்டெலும்புப் பகுதி

சுருண்ட புறப் பகுதியைப் பிரிக்கும் முக்கிய பள்ளங்களும், பிளவுகளும் :

1. இரண்டு அரை உருண்டைகளைப் பிரிக்கும் நீளப்பாங்கான பிளவு
2. முன் பகுதி, மேல் நடுப்பகுதிகளைப் பிரிக்கும் நடுப்பள்ளம்
3. முன் பகுதியிலிருந்து, பொட்டெலும்புப் பகுதியையும், மேல் நடுப் பகுதியின் ஒரு பகுதியையும் பிரிக்கும் ஓரப்பள்ளம்
4. மேல் நடுப்பகுதி, பின் பகுதி ஆகிய இவ்விரண்டு பகுதிகளையும் பிரிக்கும் பள்ளம்.

படம் IX



படம் IX : பெருமூளைப் பணிகளினடிப்படையில் அமைந்த வரைபடம்

படம் X

பெருமூளை

கீழ்வரும் பகுதிகள் பெருமூளைப் பணிகளின் அடிப்படையில் அமைந்துள்ளன:

உடலியக்கப் பகுதி : தசைகளைக் கட்டுப்படுத்துகிறது

உடலியக்கப் பகுதயின் முன்பகுதி : தசை சுருங்குவதை ஒழுங்குபடுத்துகிறது.

புரோகாவின் பகுதி பேச்சைக் கட்டுப்படுத்துகிறது.

உடல்சார்ந்த உணர்வுப் பகுதி : தொடும் உணர்வைக் கண்டறிகிறது.

பார்வைப் பகுதி : பார்வை உணர்வுகளைக் கண்டறிகிறது.

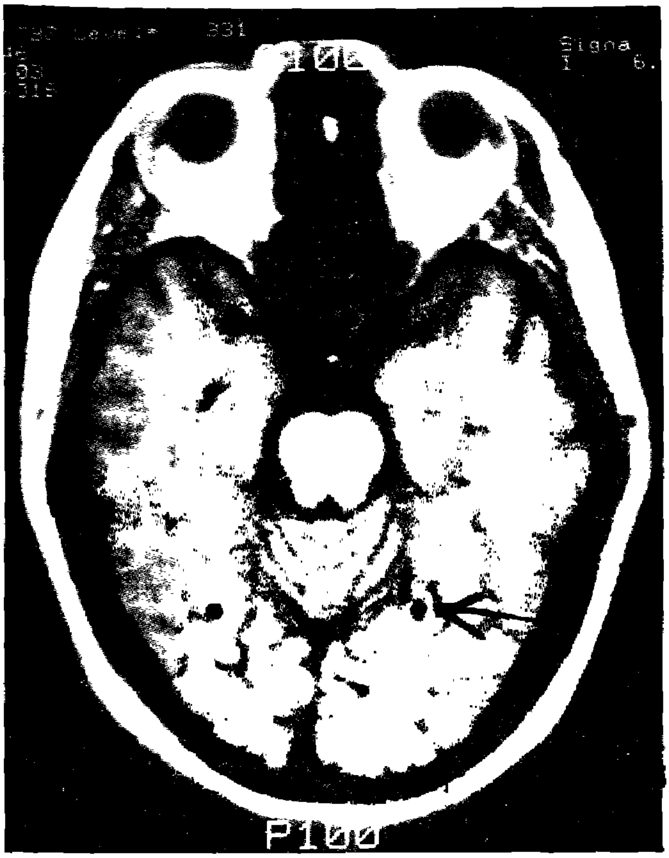
கேட்கும் பகுதி : கேட்கும் உணர்வுகளைக் கண்டறிகிறது.

வெர்னிக்கின் பகுதி : உணர்வு பற்றிய செய்திகளை ஒன்றிணைக்கிறது.

பெருமூளைமுன் பகுதியின் முன் பகுதி : சிந்தனை விரிதலைக் கண்காணிக்கிறது.

குறைந்த கால நினைவாற்றல் பகுதி : குறைந்த கால நினைவாற்றலுக்கு உட்படும் பொட்டெலும்புப் பகுதி

படம் XI



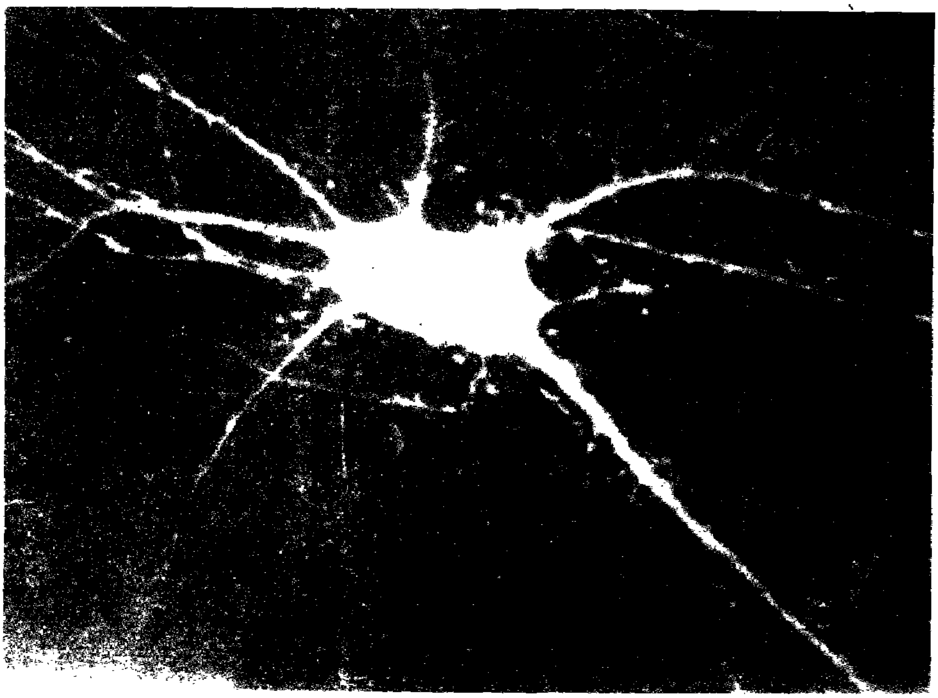


படம் XI : எம்.ஆர்.ஐ., பி.இ.டி. மூலம் காணப் படும் மூளையின் தோற்றம்

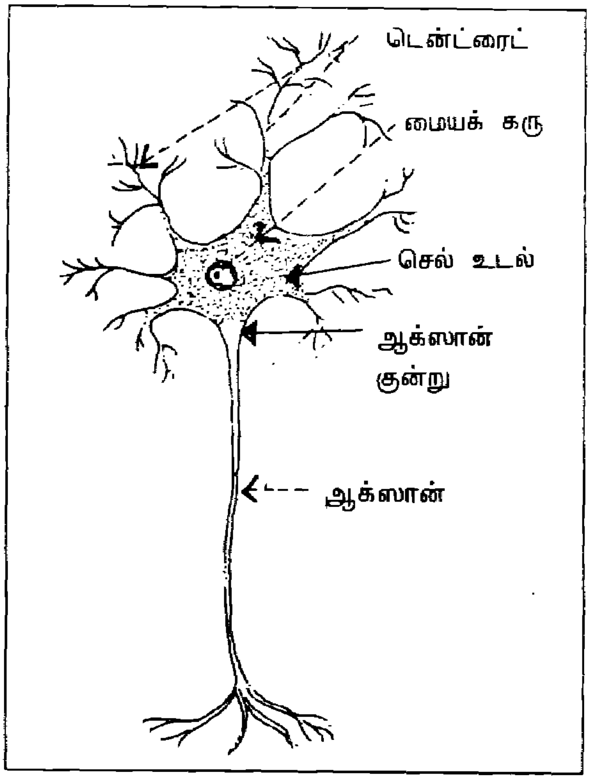
எம்.ஆர்.ஐ. (மேலே): அம்புக்குறி காயத் தைக் காட்டுகிறது

பி.இ.டி. (கீழே): ஒரு பகுதியில் பாயும் இரத்த ஓட்ட அடிப் படையில் அமைந்தது.

படம் XII

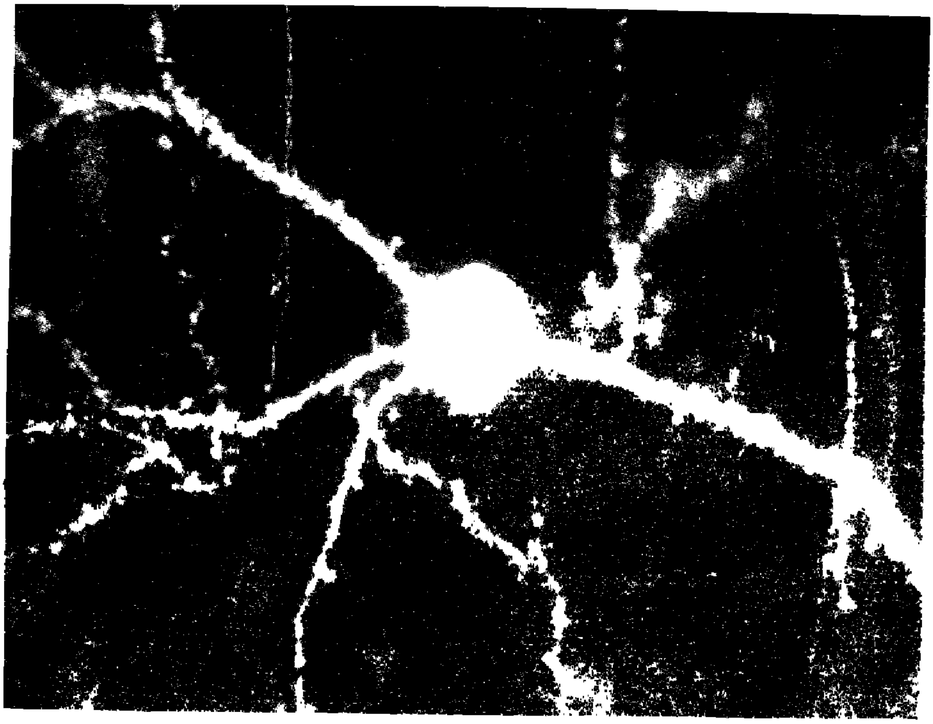


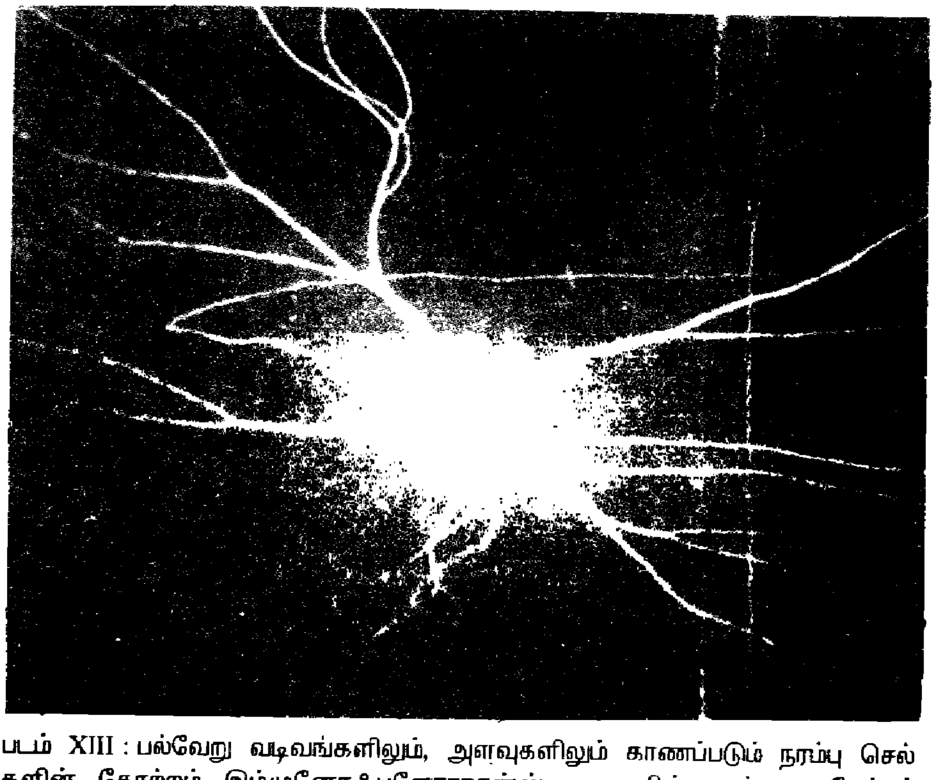
படம் XII அ : இம்யூனோஃபுளோரசன்ஸ் முறையில் சாயமேற்றப்பட்ட ஒரு நரம்பு செல்லின் தோற்றம் (நன்றி: பேரா, எஸ்.கே. சங்கர், என்ஐஎம்ஹெச் ஏஎன்எஸ், பெங்களூர்)



படம் XII ஆ : ஒவ்வொரு நரம்பு செல்லிலும் செல் உடல் காணப்படுகிறது. அதனுள், மையக்கரு, டெண்ட்ரைட் என அழைக்கப்படும் புதர் போன்ற நரம்புக் கயிறுகள், ஆக்ஸான் என்ற நீண்ட வால் முதலியன அமைந்துள்ளன.

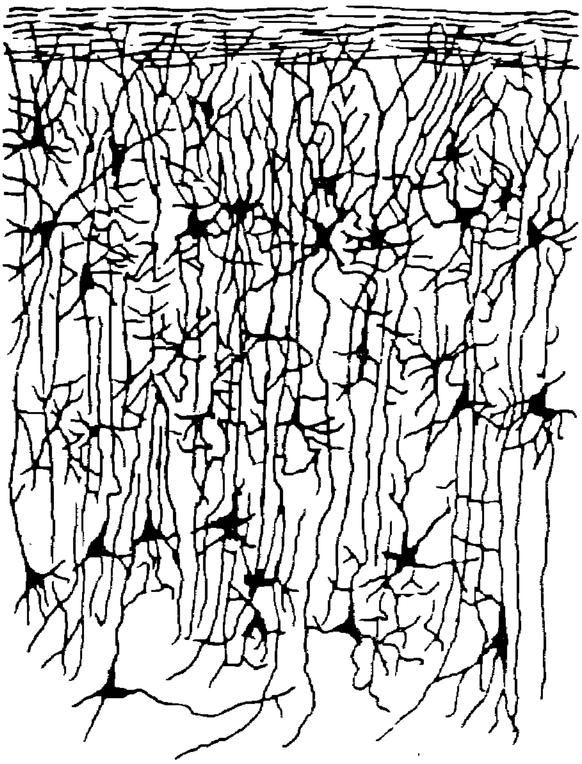
படம் XIII





படம் XIII : பல்வேறு வடிவங்களிலும், அளவுகளிலும் காணப்படும் நரம்பு செல்களின் தோற்றம் இம்முனோஃபுளோராசன்ஸ் முறையின்மூலம் சாயமேற்றப் பட்டுள்ளன. (நன்றி; பேரா. எஸ்.கே.சங்கர், என்.ஐ.ஹெச். ஏ.என்.எஸ். பெங்களூர்)

படம் XIV

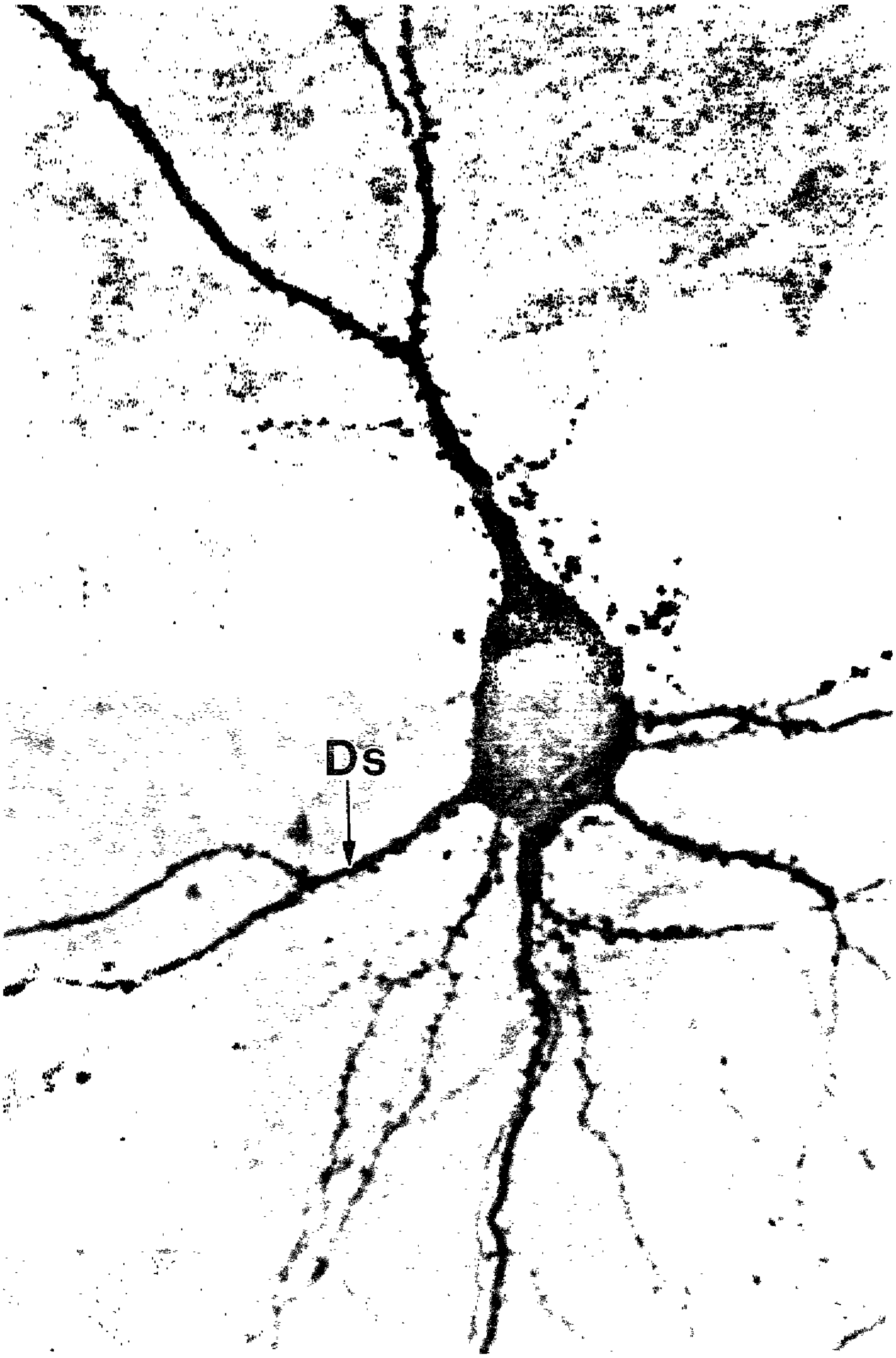


படம் XIV அ : கோல்கி முறையின் மூலம் சாய மேற்றப்பட்ட எலியின் பெருமூளைப் பார்வைப் பகுதி



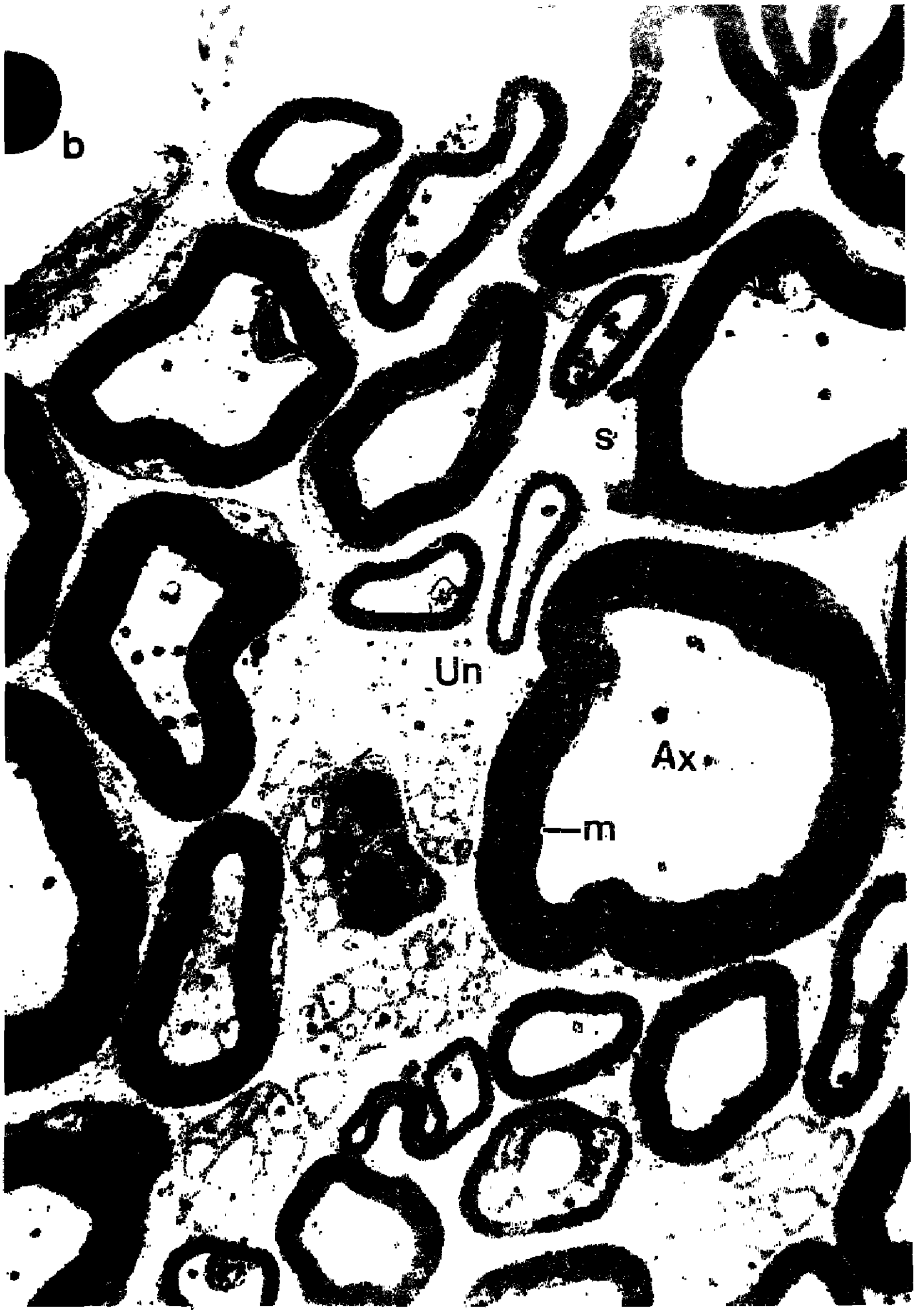
படம் XIV ஆ : வெள்ளிச் சாயமேற்றப்பட்ட பெரு மூளையின் தோற்றம், நரம்பு செல்களின் இணைப்பு, அவற்றின் டெண்ட்ரைட்கள், ஆக்ஸான்கள் முதலியன காணப்படுகின்றன.

படம் XV



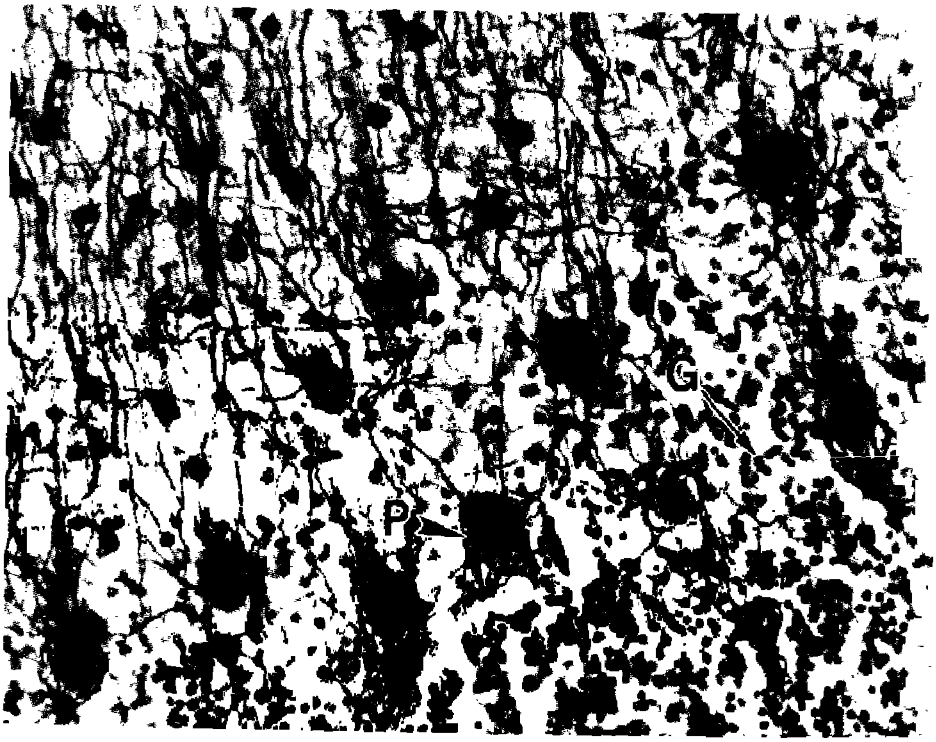
படம் XV : வெள்ளிச்சாய முறையில் சாயமேற்றப்பட்ட ஒரு நரம்பு செல்லின் தோற்றம். டெண்ட்ரைட் தண்டுகள் (டிஎஸ்) நினைவாற்றல் தேக்கத்தின்பொழுது மாற்றமடையும் குறிப்பிடங்கள் முதலியனவற்றைக் காண்க. (நன்றி: பேரா. எஸ்.கே. சங்கர், என்ஐஎம்ஹெச் ஏ என் எஸ், பெங்களூர்)

படம் XVI



படம் XVI : மயலின் உறை (m). ஆக்ஸான்கள் (Ax), மயலின் உறையால் போர்த்தப்பட்ட நரம்புக் கயிறுகள் (Un), ஸ்குவான் செல் (S), இரத்தநாளம் (b) முதலியவற்றைக் காட்டும் படம். மயலின் உறையால் போர்த்தப்படாத நரம்புக் கயிறுகளைக் காட்டிலும், மயலின் உறையால் போர்த்தப்பட்டுள்ள நரம்புக் கயிறுகளின் எண்ணிக்கை குறைவாக இருந்தபோதிலும், பின்னவைகள் அதிக இடத்தை நிரப்பியுள்ளன என்பதைக் காண்க. (நன்றி: பேரா. டி.கே.தஸ்தூர், பம்பாய் மருத்துவமனை, மும்பை)

படம் XVII ஆ



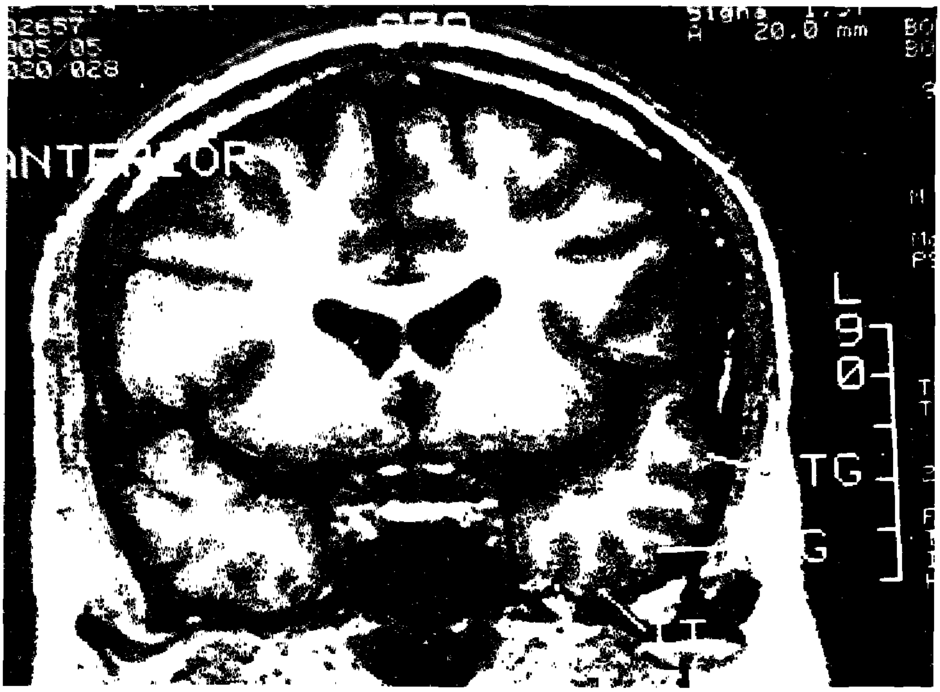
படம் XVII அ : சிறு மூளையின் தோற்றம். (P) - பர்கின்ஜி செல்கள், அவற்றின் டெண்ட்ரைட்கள் மற்றும் (G) - தானியக் கூட்டு போன்ற நரம்பு செல்கள் முதலியவற்றைக் காண்க. (நன்றி: பேரா. டி.கே.தஸ்தூர், மும்பை)

படம் XVII ஆ

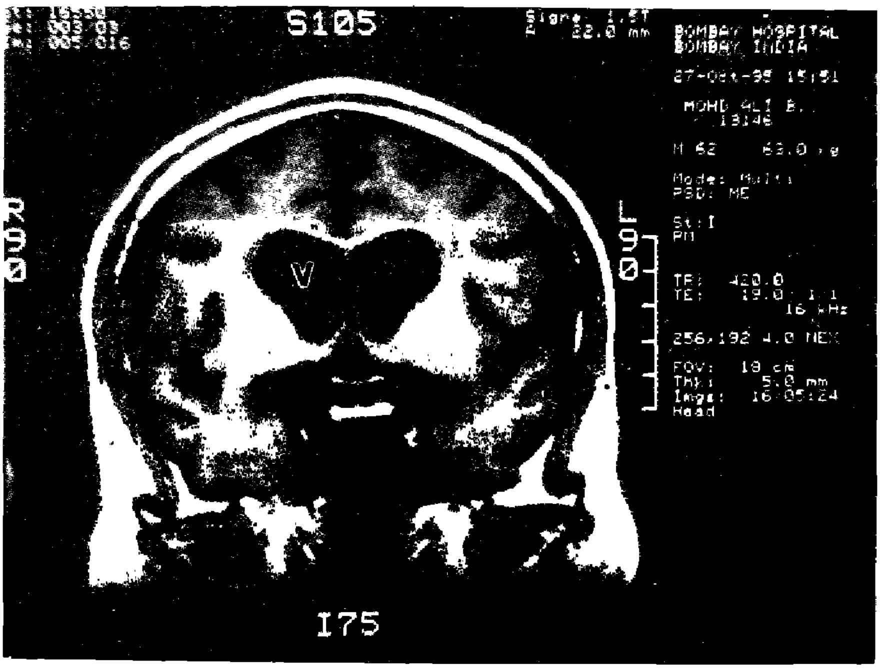


படம் XVII ஆ : 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்புகளைக் காட்டும் எலக்ட்ரான் உருப்பெருக்கியின் தோற்றம். செய்திகளை எடுத்துச் செல்லும் நரம்பு வழித் தகவலர்களான இரசாயனப் பொருட்கள் நிறைந்துள்ள சிறு குமிழிகள், 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பு பிளவிற்குள் இரசாயனப் பொருட்களை வெளியேற்றத் தயார் நிலையில் இருப்பதைக் காண்க (நன்றி: வி.எஸ். லலிதா)

படம் XVIII

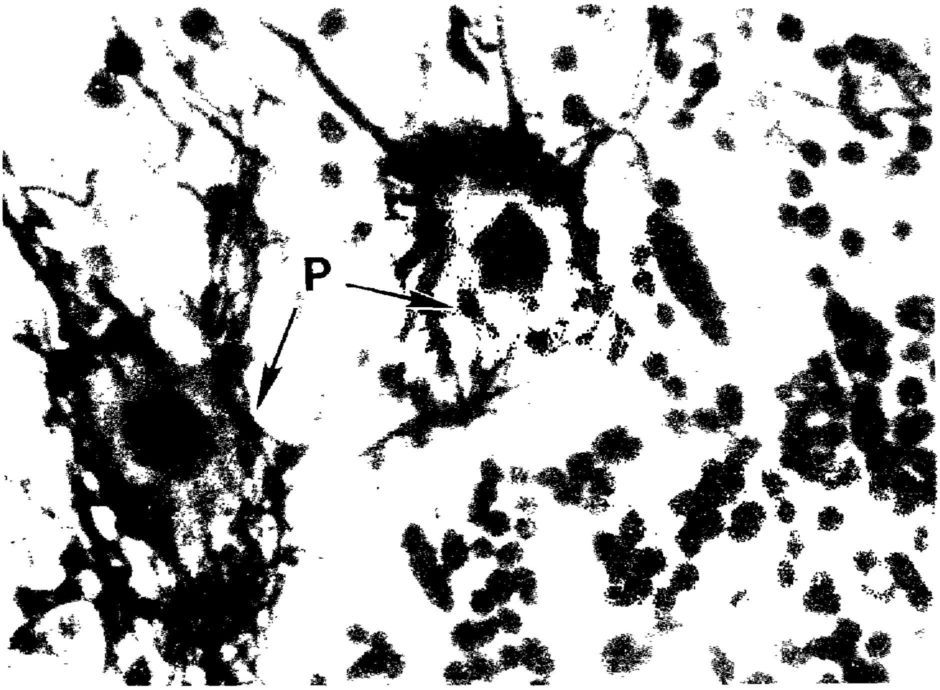


படம் XVIII அ : முழு வளர்ச்சி பெற்றுள்ள ஆணின் எம்ஆர்ஐத் தோற்றம் (நன்றி: டாக்டர், எம்.உரிசேகர், பம்பாய் மருத்துவமனை, மும்பாய்)

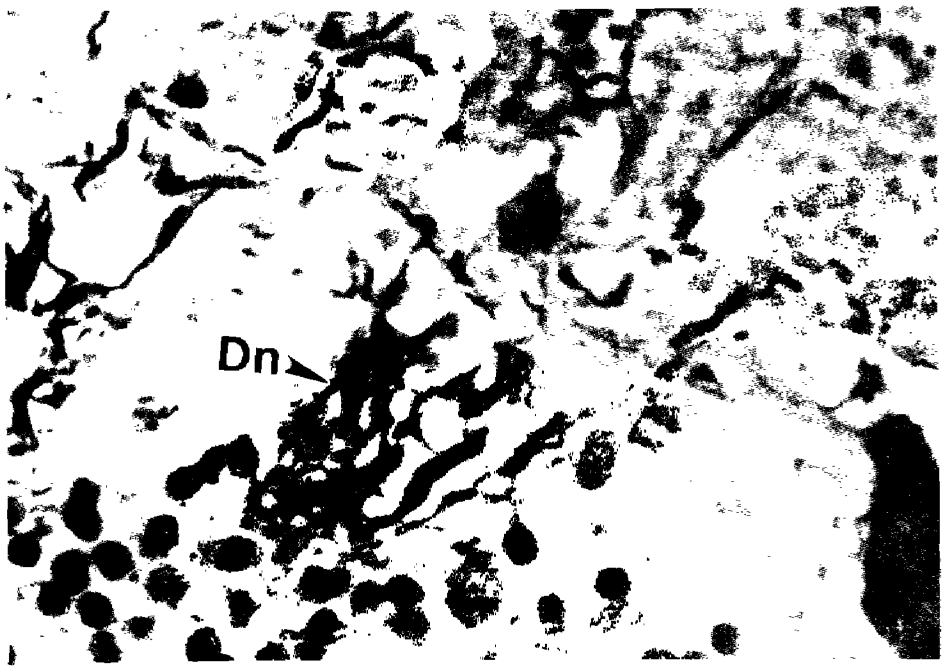


படம் XVIII ஆ: முதியவரின் எம்ஆர்ஜ தோற்றம், பெருமூளை தேய்ந்து காணப் படுகிறது. மூளைக்குள் திரவம் நிறைந்த சிறு குமிழிகள் (V) பெரிதாக விரிந்துள்ளன. (நன்றி: டாக்டர். எம். உர்சேகர், பம்பாய் மருத்துவமனை, மும்பாய்)

படம் XIX



படம் XIX அ : சிறு மூளை இயற்கைத் தோற்றம். P - பர்கன்ஜி செல்கள். (நன்றி: பேரா. டி.கே.தஸ்தூர், பம்பாய். மருத்துவமனை, மும்பாய்)



படம் XIX ஆ : வயது முதிர்ந்த சிறு மூளையின் தோற்றம். Dn - தேய்ந்து மெலிந்த நரம்பு செல். (நன்றி: பேரா. டி.கே. தஸ்தூர், பம்பாய் மருத்துவமனை, மும்பை).

படம் XX



படம் XX : டிரோசோஃபிலா, புரூட் ஃபிளை

குறிப்பிடுமாறு கேட்டுக்கொள்ளப்பட்டுள்ளனர். மற்றவர்களைப் போலல்லாமல், சில நோயாளிகள் சரியாகக் குறிப்பிட முடியாமல் தடுமாறினார்கள். நிறத்தின் பெயர் கூறப் பட்டபிறகும்கூட, சரியான நிறத்தைக் குறிப்பிட்டுக்காட்ட முடியவில்லை. எனினும் ஒரு குறிப்பிட்ட நிறத்தைக் கொடுத்து, வரைபடத்தில் காணப்படும் அதே நிறத்துடன் ஒப்பிடுமாறு கேட்டுக்கொள்ளப்பட்டபோது இந்நோயாளிகள் சரியாக ஒப்பிட்டுக் காட்டினார்கள். இது எதைக் காட்டுகிறது என்று நோக்கினால், நிறத்தை அடையாளம் காண்பதிலோ, அதை ஒலிப்பதிலோ எவ்வித சிரமமும் ஏற்பட வில்லை. ஆனால் இவை இரண்டையும் இணைக்கும் திறனில்தான் சிரமம் ஏற்பட்டுள்ளது என்பது தெரியவரும். உணர்வு, ஒலி ஆகிய இவ்விரண்டு அமைப்புகளையும் தவிர்த்து, இவ்விரண்டையும் இணைக்கும் மூன்றாவது அமைப்பு ஒன்று இருக்கிறது என்று தெரிய வருகிறது. பார்வைத் திறனை ஆராய உதவிய நோயாளிகள் அனைவரும் சொற்பொருள் அமைப்பு எவ்விதம் மூளையில் செயல்படுகிறது என்ற பொதுவான கருத்தை எடுத்துக் காட்டுபவர்களாக உள்ளனர். இவ்வமைப்புகளே, நமது சொற் பொருள் நினைவாற்றலுக்குப் பொறுப்பாக உள்ளன.

பெரும்பாலான நமது 'சொற்பொருள் நினைவாற்றல்' வாழ்வின் தொடக்கத்திலேயே பெறப்பட்டு விடுகிறது. குழந்தை களின் நினைவாற்றல் அமைப்பை அறிந்துகொள்வது எளிதன்று. சிறிய குழந்தைகளை மிக மென்மையாகக் கையாண்டு, நியூ ஜெர்ஸியைச் சார்ந்த கரோலின் ரோவீ-கொல்லியர் (Carolyn Rove-Collier) என்பவர், மிகவும் விருவிருப்பான குறிப்புகளைத் தந்துள்ளார். 2 அல்லது 3 மாதக் குழந்தைகள், அவர்களின் புறச் சூழல் பற்றிய ஒரு தனித்த நினைவை ஏற்படுத்திக் கொள்கின்றனர் என்றபோதிலும், இந்நினைவாற்றல்கள், வலுவானவையல்ல. சில நாட்கள் கழிந்த பின்பு நிகழும் மற்றொரு நிகழ்ச்சி அவற்றை மாற்றியமைக்க முடியும். பேசத் தொடங்குவதற்கு முன்பு, 16 முதல் 18 மாதக்குழந்தைகள், மிக நன்றாக நினைவு கூருகின்றனர். நன்கு தெரிந்த நிகழ்ச்சிகளின் வரிசையை மட்டுமின்றி ஒரு முறைமட்டுமே அறியும் வாய்ப்பினைப் பெற்ற நிகழ்ச்சிகளையும்கூட நினைவில் நிறுத்திக் கொள்கின்றனர். ஒருவேளை, சொற்பொருள் நினை வாற்றல் அமைப்பின் ஆரம்ப நிலையாக இது இருக்கக்கூடும். குழந்தைகள் மிக விரைவாகக் கற்றுக்கொள்ளும் தகுதி பெற்றவர் களாவர். அவர்கள் செவியுறும் ஒவ்வொரு சொல்லையும் பலமுறை திரும்பக்கூறி, 2 வயது நிறையும்போது, சுமார் 300 வார்த்தைகளைக்

கற்றுக் கொண்டுவிடுகின்றனர். 5 வயதாகும் போது, 500 சொற்கள் வரை அறிந்துகொள்கின்றனர். மொழித் திறனைப் பெறும் வேகத்தைக் கணக்கிட்டு, மொழி வல்லுனர்கள் மனித மொழியின் இலக்கணம், மரபு அடிப்படையில் அமைந்துள்ளது என நம்புகின்றனர். ஆனால் வேறு சிலர், வார்த்தைகள் நினைவில் நிற்பதும், அவற்றை இணைக்கும் வழிமுறைகளும், கற்கும் சிறார்களின் கடுமையான முயற்சியால்தான் பெறப்படுகிறது என்று கருதுகின்றனர். குழந்தைகள், வார்த்தை வரிசையைக் கூற முயற்சி செய்யும்போது, முதியவர்களின் உதவி, அவர்கள் சரியான முறையில் வார்த்தைகளை அமைப்பதற்கு துணை செய்கிறது. உரையாடலில் கலந்துகொள்ளவேண்டும் என்ற அக்கறை, தான் கூறும் வார்த்தைக்குரிய முதியவர்களின் பதிலைக் கவனத்துடன் நோக்குதல், கேட்பவர்களை ஈர்க்கும் வகையில் வார்த்தைகளை கூற முயற்சித்தல் முதலிய அனைத்தும் ஒன்று சேர்ந்து, ஆரம்ப சொற்பொருள் நினைவாற்றலை அமைக்க குழந்தைக்கு உதவு கின்றன. ஒரு குழந்தை, தான் அறிந்திருப்பதற்கு மேலாக, ஒரு புதிய வார்த்தையைத் தெரிந்துகொள்ளும்போது, வார்த்தை அமைப்பை உட்படுத்தும் நரம்பு இணைப்புகள், அப்புதிய வார்த்தையை ஒலிக்க உதவும் இயக்க அமைப்பு, பார்வை உணர்வை செயலாக்கும் மூளைப் பகுதிகள் ஆகிய அனைத்தும் இணைந்து செயல்படுகின்றன. பிறகு பெரியவனாக வளர்ந்த பிறகு, மொழியைத் திறம்படப் பயன்படுத்தும் ஆற்றல் சீர்படுத்தப் படுகிறது. புதிய வார்த்தைகள் சற்று முயற்சியுடன் நினைவில் சேர்த்துக்கொள்ளப்படுகின்றன.

சொற்பொருள் நினைவாற்றலை வளர்த்துக் கொள்வதற்கு, படிக்கும் பழக்கம் வெகுவாக உதவுகிறது. படித்துச் சேகரிக்கப்படும் நிறையச் செய்திகள், வெறுமனே நினைவில் பதிக்கப்பட்டு விடுகின்றன. ஆனால், அவை சிந்தனைத்திறனைச் சீர்படுத்து கின்றன. நாம் வார்த்தைகளைப் பயன்படுத்தும்போது, மனக்கண் தோற்றம், உணர்வுகள், அவற்றைச் சார்ந்த அனைத்தும் உடனுக்குடன் தோற்றம் பெறுகின்றன. என்றபோதிலும், சரியான வார்த்தைகளைத் தேர்ந்தெடுத்துப் பயன்படுத்துவதன் மூலமே நினைவாற்றல் அமைப்பை நன்கு பயன்படுத்த முடியும். உரிய முறையில் உரையாட, தேவைப்படும் வார்த்தைகளை மட்டுமே நினைவுகூர வேண்டும். இதுவே நினைவாற்றலின் உண்மையான பணியாகும்!

4

நினைவாற்றல் செயல்பாடு

"விஞ்ஞான வளர்ச்சியின் இன்றைய காலக்கட்டத்தில், உள உணர்வுச் செயல்பாடுகள், மூளையின் செயல்பாடுகளே என்று எண்ணத் தோன்றுகிறது- டெஸ்கார்டஸ் (Descartes) குறிப்பிட்டது போன்று, அவை உடலைத் தவிர்த்த ஆன்மா அல்லது மனத்தின் செயல்பாடன்று" கலிஃபோர்னியா பல்கலைக்கழகத்தைச் சேர்ந்த, தத்துவயியல் பேராசிரியர் பெட்ரீஷியா சர்ச்லாண்ட் (Patricia Churchland) என்பவர், மற்றவர்கள் போலல்லாமல், உள உணர்வு அல்லது மனோநிலையின் தனிச்சிறப்பினை நரம்பு உயிரியல்மூலம் நன்கு விளக்க முடியும் என ஆணித்தரமான நம்பிக்கை கொண்டுள்ளார். நரம்பியல் விஞ்ஞானம் பற்றிய நமது அறியாமை நீங்கி, புதிய கருத்துக்களைத் தெரிந்துகொள்ளும் வாய்ப்பினை காலம் வழங்கக்கூடும். நமது உணர்வுநிலை, நமது கவனம், நமது தெளிநிலை, நமது நடத்தையின் நுட்பங்கள் முதலியவற்றின் சரியான விளக்கங்களை, ஒரு நாள் அறிந்துகொள்ளத்தான் போகிறோம். நரம்பியல் உயிரியல் பற்றி இன்று மேற்கொள்ளப் படும் பெரும்பாலான ஆராய்ச்சிகளுக்கு வழிகாட்டும் கருத்துக்கள், நரம்பு மண்டல அமைப்பின் செயல்பாடுகளில் பல படித்தரங்கள் உள்ளன என்பதையும், அவற்றின் உயர் மட்ட செயல்பாடுகளின் விளக்கத்தை, அதாவது, அறிந்துகொள்ள உதவும் பணியை, கீழ்மட்ட செயல்பாடுகளை ஆய்வதன்மூலம் கண்டுகொள்ள முடியும் என்பதையும் கூறுகின்றன. செயல்பாடுகளின் ஒவ்வொரு நிலையும், செய்திகளில் குறிப்பிடத்தக்க மாற்றங்களை தோற்று விக்கிறது. நமது நினைவாற்றல், பல கீழ்மட்ட அமைப்புகளாகப் பிரிக்கப்படத்தக்கதாகும். இவையனைத்தையும் ஒன்றிணைந்த ஒரு முழுமையான அமைப்பாக மூளை, நமது நினைவாற்றலை வெளிக் காட்ட முடியும். நமது வாழ்க்கைச் சக்கரம் உருண்டோட, தினமும் செயலாக்கப்படும் பெரும்பாலான சாதாரண செயல்கள்,

நினைவாற்றலின் பணிகளேயாகும்.

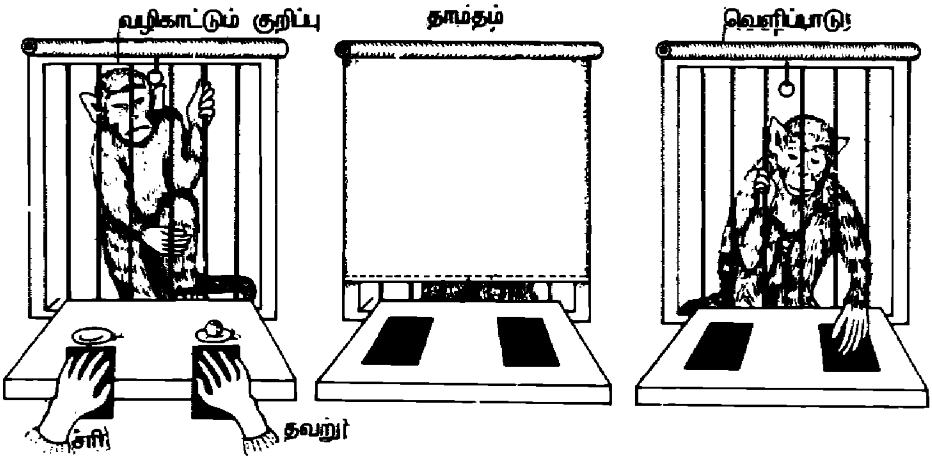
விழிப்புநிலை, திட்டங்கள் பற்றிய முடிவுகள் செய்யும் திறன், கணக்கிடுதல், அறிவுப்பூர்வமான சிந்தனை முதலியவற்றைச் செயலாக்கும் பணிகளுக்கு, நீண்டநாட்களுக்கு முன்பும் அண்மைக் காலத்திலும் தேக்கி வைக்கப்பட்டுள்ள செய்திகளைப் பெற்றுக் கொள்ள உதவும் வாய்ப்புகள் தேவைப்படுகின்றன. மூளையில் பதிந்துள்ள செய்திகளனைத்திலுமிருந்து, தற்காலிகமாக கையாளவும், நிறுத்திக்கொள்ளவும் உதவும் அமைப்பே செயல் படும் நினைவாற்றல் என்பதாகும். புரிந்துகொள்ளவும், பகுத் தறியவும் தேவைப்படும் முன்நிபந்தனைகளாகும்.

நடைமுறை நினைவாற்றல் என்ற கருத்து, நீண்டகாலமாகவும், அண்மைக்காலமாகவும் தேக்கி வைக்கப்பட்டுள்ள செய்திகளின் நுண்ணிய ஆராய்ச்சியிலிருந்து விளைந்ததாகும். பல செய்திகளை, வெகுகாலத்திற்குத் தேக்கி வைத்துக் கொள்ளும் ஒரு வியத்தகு பண்டகசாலையாக நமது மூளை அமைந்துள்ளது. விளக்கமான வாழ்க்கைக் குறிப்புகள், நிகழ்ச்சிகளின் வரிசை, பற்பல ஆண்டு களுக்கு முன் நேர்ந்த பல உணர்ச்சிமயமான நிகழ்வுகள், குழந்தைப் பருவத்தில் கற்றுக் கொண்ட வார்த்தைகள், சொற்றொடர்கள், இன்னும் பல செய்திகள் நிரந்தரமாக நமது மூளையில் தங்கி விடுகின்றன. நீண்ட கால நினைவாற்றல், பல கீழ்மட்ட அமைப்பு களைக் கொண்டிருப்பதாகவும், அவை புரிந்து கொள்ளத்தக்க செய்தித் திரட்டினை வழங்குவதாகவும் தெரிகிறது. குறுகிய கால நினைவாற்றல், நீண்ட கால நினைவாற்றலின் கீழ்மட்ட அமைப் பாக இருக்க முடியுமா என்ற வினா எழுகிறது. குறுகிய காலம் என்பது எவ்வளவு 'குறுகியது' என்பது தெளிவாக விளக்கப் படவேண்டும். செய்திகள் குறுகிய கால நினைவாற்றலின் கீழ்மட்ட அளவில் பிரித்தறியப்பட்டு, பிறகு நீண்டகால நினைவாற்றலுக்கு வழங்கப்படுவதாக நீண்ட காலமாகக் கருதப்பட்டது. அதன் பொருள், நீண்ட கால நினைவாற்றலிலிருந்து, குறுகிய கால நினைவாற்றலைப் பிரித்துவிட முடியாது என்பதாகும். அண்மைக் கால நிகழ்வுகளை எளிதில் நினைவில் பதித்து, நினைவுகூர்தல் சற்று இயலாமலிருக்கக்கூடும். ஆனால் நீண்டகால நினைவாற்றலில் அத்தகைய மாற்றமில்லை. ஆகவேதான் ஒரு நோயாளியிடம், வார்த்தைப் பட்டியலைக்காட்டி, படிக்கச் செய்து, உடனே நினைவு கூருமாறு கேட்டபோது அவரால் நினைவுகூர முடியவில்லை. ஆனால் சிறிது காலத்திற்குப் பிறகு நினைவு கூர முடிந்தது. இச்செய்தி சற்று வியப்பைத் தருகிறது. ஆலன் பேட்லி (Alen

Baddley) என்பவரும் அவரது குழுவினரும், நோயற்ற சாதாரண மனிதர்களிடம், குறுகிய கால நினைவாற்றலை நீண்ட கால நினைவாற்றலிலிருந்து பிரித்துவிட பல புதிய சோதனைகளைக் கண்டறிந்தனர். 2 அல்லது 3 விநாடி நேரத்திற்குள் செய்திகளைக் கையாளும் குறுகிய கால நினைவாற்றலை அடையாளம் கண்டனர். அவர்கள் இதனை 'நடைமுறை நினைவாற்றல்' (working memory) என்றழைத்தனர். பிறகு, நமது மூளையின் பல முக்கியத் திறன்களுக்கு நடைமுறை நினைவாற்றலே பொறுப்பாக உள்ளது என்பதை நிலைநாட்ட பல சோதனைகளை மேற்கொண்டனர்.

யேல் பல்கலைக்கழகத்தைச் சேர்ந்த நரம்பியல் பேராசிரியர் பெட்ரீஷியா கோல்ட்மேன்-ராகிக் (Patricia Goldman-Rakic) என்பவர், அறியும் ஆற்றலில் மூளை எங்ஙனம் இயங்குகிறது என்பதை அறிந்துகொள்வதில் அதிக ஆர்வம் கொண்டிருந்தார். மனிதர்களிடையே சிறப்பாக செயல்படும் 'நடைமுறை நினைவாற்றல்' மற்ற பிராணிகளிடமும் செயல்படுகிறது. ஆகவே நடைமுறை நினைவாற்றலுடன் தொடர்புடைய மூளையின் பகுதிகளை அறிந்துகொள்வதற்காக குரங்குகளைப் பயன்படுத்தி, கோல்ட்மேன்-ராகிக் பல சோதனைகளை மேற்கொண்டார் (படம் 4.1). சோதனை முறைகள் மிக எளிதானவை. ஒரு குரங்கிற்கு இரண்டு குழிகள் காட்டப்பட்டன. குரங்கு பார்த்துக் கொண்டிருக்கும் பொழுது, ஒரு குழியில் உணவுப் பண்டங்கள் வைக்கப்பட்டு, இரண்டு குழிகளும் ஒரே மாதிரியான பலகைகளால் மூடப் பட்டன. பிறகு, ஒரு திரையினால் இரு குழிகளும் குரங்கின் பார்வையிலிருந்து 'சற்றுநேரம்' மறைத்து வைக்கப்பட்டன. பிறகு திரை நீக்கப்பட்டு உணவுப் பண்டங்கள் வைக்கப்பட்ட சரியான குழியை கண்டறிய குரங்கு ஏவப்பட்டது. ஏற்கெனவே குழிகளை பார்த்திருப்பதால், அந்நினைவாற்றல் சரியான குழியைத் தேர்ந் தெடுப்பதற்கு குரங்கிற்கு உதவக்கூடும். குழிகளை மூடுவதற்குப் பயன்படுத்தப்பட்ட பலகைகள் இரண்டும் வேறுபாடு ஏதுமின்றி ஒன்றுபோல் தோன்றுவதால் அவற்றின் உதவிகொண்டு சரியான குழியைத் தேர்ந்தெடுக்கும் வாய்ப்புகளில்லை. சரியான குழியை குரங்கு தேர்ந்தெடுக்குமானால், அது 'நடைமுறை நினைவாற்றல்' செயல்படுகிறது என்பதையே காட்டுகிறது. இச்சோதனை, 'காலதாமத விளைவினை' கருத்தில் கொண்டே செயல்பட்டது. குரங்கு, சரியான குழியைத் தேர்ந்தெடுக்கத் தவறினால், அதில் நடைமுறை நினைவாற்றல் செயல்படவில்லை என்பதேயாகும். சில குரங்குகளின் பெருமூளையின் சில பகுதிகளில் ஏற்பட்ட

நடைமுறை நினைவாற்றல் சோதனை



படம் 4.1 : நடைமுறை நினைவாற்றல், குரங்கினிடத்தில் எவ்விதம் செயல்படுகிறது என்பதைச் சரிபார்க்கும் பரிசோதனை அமைப்பு

சிதைவுகள், 'காலதாமத விளைவுகள்' பற்றிய சோதனைகளில் சரியான முறையில் செயல்படவில்லை என்பதாக அறியப்பட்டது.

பெருமூளையின் ஒரு பெரிய பகுதி "ஃபிரன்டல் லோப்" (frontal lobe) என்றழைக்கப்படும் முன் பகுதியாகும். இப்பகுதியின் 'முன் அரைப்பகுதி'(prefrontal area)யில், நடைமுறை நினைவாற்றலின் மையம் அமைந்திருக்கிறது. 'கால தாமத விளைவு'ச் சோதனைகள் காட்டுவதுபோல், ஒரு குரங்கின்முன் அரைப் பகுதியில் நோய்க்காயம் ஏற்பட்டாலும், அல்லது அது நீக்கப் பட்டாலும், அக்குரங்கின் 'நடைமுறை நினைவாற்றல்' அழிந்து விடுகிறது. மனிதர்களின் சிந்தனை செயல்பாடுகள், பெரு மூளையின் முன்பகுதியினால் இயக்கப்படுகின்றன. முதியவர் களைப் போலல்லாமல், சிறுவர்களிடம் இப்பகுதி முழுமையாக வளர்ச்சியடைவதில்லை. சிறிது மாற்றங்களுடன், 'காலதாமத விளைவுச்' சோதனைகள், குழந்தைகளிடமும், முழுளர்ச்சி பெற்றவர்களிடம் மேற்கொள்ளப்பட்டபோது, எதிர்பார்த்தது போலவே குழந்தைகளைவிட முழு வளர்ச்சி பெற்றவர்கள் சிறப்பாகச் செயல்பட்டார்கள். இச்சோதனைகள் பெருமூளை முன் பகுதியின் முன் அரைப்பகுதி, இயக்கும் நடைமுறை நினைவாற்றல் பணிகளைக் குறிப்பிட்டுக் காட்டுவதோடு, உரிய நரம்பு இணைப்புகள் முழு வளர்ச்சி பெற்றபிறகுதான் குழந்தைகளிடம், இந்நினைவாற்றல் செயல்பட முடியும் என்பதையும் காட்டுகின்றன. குழந்தைகளிடம் நினைவாற்றல் தேக்கி வைக்கப்படலாம். ஆனால்,

தேவைப்படும் தருணத்தில், சரியான முறையில் நினைவுகூர்வதற்கு மூளைப் பகுதிகள் முழு வளர்ச்சி பெற்றிருக்க வேண்டும். சிறுவர்கள், இளைஞர்கள் ஆகியோருடன் செயல்படும்போது இந்த முக்கியக் கருத்தை நினைவில் கொள்ள வேண்டும்!

பிராணிகளிடம் மேற்கொள்ளப்பட்ட பல ஆராய்ச்சிகள் மூலம் நடைமுறை நினைவாற்றலுக்கு, முன் அரைப்பகுதி உட்பட்டுள்ளது என்பது தெரியவந்த போதிலும் இப்பகுதியின் செல்கள் ஈடுபடுகின்றன என்பதைத் திட்டவட்டமாகக் கூற, இன்னும் பல சோதனைகள் மேற்கொள்ளப்பட்டன. நமது மூளைச் செல்கள்-நியூரான்கள் (neurons), சுறுசுறுப்புடன் சத்துப் பொருட்களைப் பயன்படுத்துகின்றன. குறிப்பாக, அதிவிரைவாக இயங்கும் பொழுது மிகுந்த சுறுசுறுப்புடன் இப்பணியை மேற்கொள்கின்றன. இயக்கத்தின்போது அதிக அளவு சக்தி தேவைப்படுகிறது. ஒரு பணியில் ஈடுபடும் நரம்புச் செல்கள், சக்தியின் மூலப்பொருளான சர்க்கரையை (குளுகோஸ்), பணியில் ஈடுபடாத செல்களைக் காட்டிலும் அதிக அளவில் பயன்படுத்துகின்றன. இதனைப் பயன் படுத்தி, பல நரம்பியல் விஞ்ஞானிகள் மூளையாற்றும் சரியான பணி மையங்களைக் கண்டறிந்துள்ளனர். இதில் கடைப்பிடிக்கப் பட்ட செயல்முறை 'ஆட்டோ ரேடியோ கிராஃபி' (autoradio-graphy) என்பதாகும். துடிப்புள்ள திசுக்களின் ஒரு சிறுதுண்டு, பரிசோதனைப் பிராணியின் மூளையிலிருந்து வெட்டி எடுக்கப் பட்டு, அவை மெல்லிய இதழ்களாக செதுக்கப்பட்ட பின்பு, சத்துப் பொருட்களை செல்கள் பயன்படுத்தப்படுவதற்கு உதவும் இரசாயனப் பொருட்களின் கலவையில் ஊறவைக்கப்பட்டன. இப்பொருட்கள் ஒவ்வொன்றும், மின்காந்த, இரசாயனக் கதிர்வீசும் அணுப் பொருட்களுடன் (radio active molecules) இணைக்கப்பட்டு அடையாளமிடப்பட்டன. சுறுசுறுப்புடன் இயங்கி சத்துப் பொருட்களைப் பயன்படுத்தும் செல்களில் வந்து குவியும் இரசாயனப் பொருட்களை மின் காந்த இரசாயனக் கதிர்வீசும் அணுப் பொருட்களின் குவியல்மூலம் அறிந்துகொள்ள முடியும். இதன் மூலம் ஒரு குறிப்பிட்ட பகுதியில் சுறுசுறுப்புடன் இயங்கும் நரம்புச் செல்களைக் கண்டறிய முடியும். இச்செயல் முறையைப் பயன் படுத்தி, முன் அரைப்பகுதியிலுள்ள, 'பிரதான பள்ளம்' (principal sulcus) எனக்கூறப்படும் 'திசு உள்மடிப்புப் பகுதி'க்கருகிலுள்ள பகுதியே பார்வை மற்றும் இடம் பற்றிய நினைவாற்றல்களைக் கையாளும் பகுதி என்று கண்டறியப்பட்டது. 'காலதாமத விளைவு'ச் சோதனையில் நன்றாகச் செயல்படும் குரங்குகளின்

மூளைத் திசு இதழ்களில், இப்பகுதிகள் தெளிவாகத் தெரிந்தன. 'ஹிப்போகேம்ப்பஸ்' பகுதியிலிருந்து எடுக்கப்பட்ட திசு இதழ்களில் மின்காந்த இரசாயன கதிர்வீச்சு இயக்கம் காணப்பட்டது. நிகழ்வு களையும் செய்திகளையும் இணைத்து அறியும் திறன், ஹிப்போ கேம்ப்பஸ், முன் அரைப்பகுதியுடன் இணைந்து செயல்பட்டு, முன் அரைப்பகுதியின் இயக்கத்திற்கு உதவுகிறது. பிராணிகளைப் பயன்படுத்தி செய்யப்பட்ட இச்சோதனைகள், நமது மூளை அறிந்து கொள்ளும் பணிகளில் சிலவற்றைக் கையாளுகிறது என்பதை நமக்குக் காட்டுகின்றன என்றாலும், மனித மூளை, பல சிக்கலான கணக்குகளையெல்லாம் கையாள வேண்டியுள்ளது.

கணினி விஞ்ஞானிகளும், உயிரியல் அறிஞர்களும் இணைந்து செயல்படுவது மிகவும் பயனுள்ள வழியாகும். பெருக்கத்தோற்றச் செயல்முறைகள் (imaging techniques), உயிரோடு இயங்கும் மூளையை உற்றுநோக்க உதவுகின்றன. இவை நரம்பியல் விஞ்ஞான ஆய்வுகளில் ஒரு புதிய கோணத்தை உருவாக்கியுள்ளன. 'ஆட்டோ ரேடியோகிராபி' செயல்முறையின் அடிப்படையில் அமைந்துள்ள 'பெருக்கத்தோற்றச் செயல்முறை' என்பது 'ஊடுகதிர் உள்தளப்பட முறை இருக்கை வெளிப்பாடு, அல்லது பி.இ.டி. என்பதேயாகும். 'குளுகோஸ்' என்ற சர்க்கரையையொத்த தீங்கு ஏதும் விளை விக்காத ஒரு பொருள் '2-புளுரோ-2 டி ஆக்ஸி குளுகோஸ்' (2 fluro-2-deoxyglucose) இதனை 18 எஃப் (18-F) என்ற மின்காந்த இரசாயன அணுவுடன் இணைந்து செல்லுமாறு அமைத்து, பரிசோதனைக்குட்படுத்தப்படும் நோயற்ற ஒருவருக்கு ஊசிமூலம் உடலில் செலுத்தப்படுகிறது. இக்கலவை இரத்தத்தில் கலந்து மூளையைச் சென்றடைகிறது. இக்கலவையின் மின்காந்தச் செயல்பாடு, சுறுசுறுப்புடன் இயங்கும் செல்களைக் கண்டறிய உதவுகிறது. கம்ப்யூட்டர் உதவியுடன், அதிக சுறுசுறுப்புடன் இயங்கும் மூளைப்பகுதிகளின் பெருக்கத் தோற்றத்தைக் கணிக்க முடியும். ஒருவரிடம் ஒரு பெயர்ச் சொல்லைக்கூறி, அதற்குரிய வினைச்சொல்லைக் கூறுமாறு பணிக்கப்படுகிறது.

இப்பணியை நிறைவேற்றுவதற்கு, சொற்பொருள் பணியை இயக்கும் நரம்பு அமைப்புகள் மட்டுமின்றி, நடைமுறை நினை வாற்றலை இயக்கும் மூளைப்பகுதிகளின் இயக்கமும் இணைந்து செயல்பட வேண்டும். மொழிசார்ந்த பணிகளை நாம் ஆற்றும் போது, 'நடைமுறை நினைவாற்றல்' அமைப்புகள் தூண்டப்படு கின்றன என்பதை பெருமூளை முன்பகுதியின் முன் அரைப் பகுதியிலுள்ள நரம்பு செல்களின் தீவிர இயக்கம் எடுத்துக்

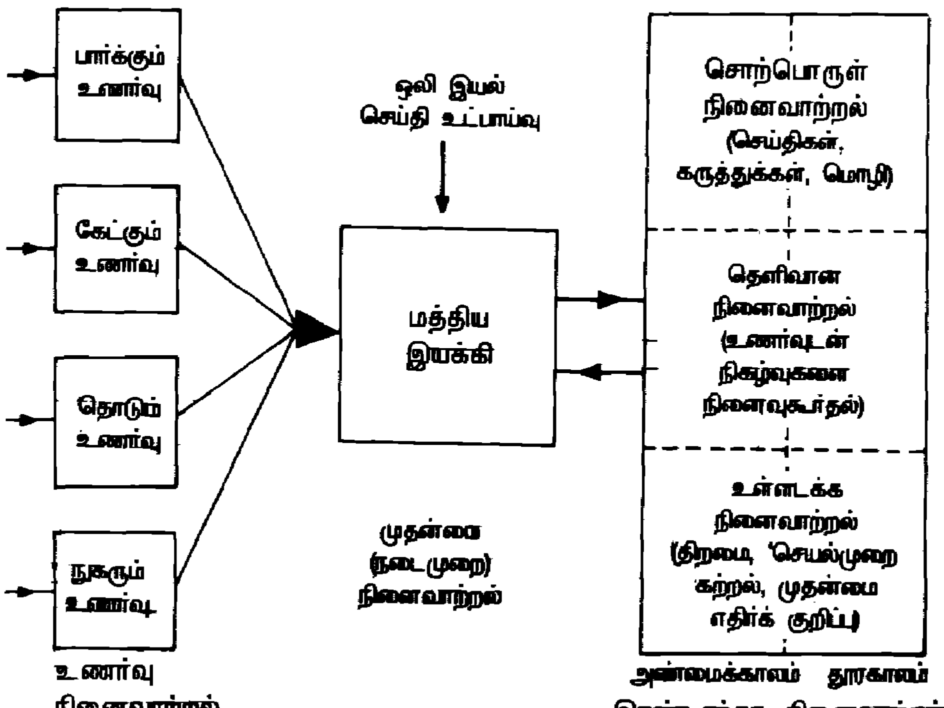
காட்டுகிறது. ஒரு வார்த்தைப் பட்டியலை நினைவுகூரும் ஒரு சோதனையில் சிலர் ஈடுபடுத்தப்பட்டபோது, இது போன்ற இயக்கம் அவர்களிடம் காணப்பட்டது. நினைவாற்றலின் அடிப் படையில் மேற்கொள்ளப்படும் செயல்பாடுகளின்போது, எந்த அளவிற்கு மூளையின் பல பகுதிகள் இயங்குகின்றன என்பதில் வேறுபாடுகள் உள்ளன. முன் அரைப்பகுதி தூண்டப்படுவதிலும் கூட, ஒவ்வொரு தனித்தன்மை வாய்ந்த செயலாக்கத்தைப் பொறுத்து வேறுபாடுகள் காணப்படுகின்றன. பெருமூளை எவ்விதம் அமைக்கப்பட்டுள்ளது என்பதை இது சற்று விளக்க மாகக் கூறுகிறது. பெருமூளை முன் பகுதியின் முன்அரைப் பகுதியில், பல பணிமையங்கள் அமைந்திருப்பதாகத் தெரிகிறது. ஏனெனில், ஒவ்வொரு குறிப்பிட்ட நினைவாற்றல் செயல் பாட்டுக்குத் தக்கவாறு அவை தனித்தனியே தூண்டப்படுகின்றன. கணிதம் பற்றிய செய்திகளின் மையம், சொற்பொருள் நினை வாற்றலை விட்டு தனித்து அமைந்துள்ளது. இடம், பார்வை, கேட்டல் ஆகியவற்றின்மூலம் பெறும் செய்திகள், தனித்தனியே குறிப்பிட்ட மையங்களில் அமைந்துள்ளன. நரம்பியல் உயிரியல் அறிஞர்கள் இன்னும் பல புரியாத வினாக்களுக்கு விடைகாண முயற்சித்து வருகின்றனர். எல்லா மையங்களிலிருந்தும், முன் அரைப்பகுதியில் வந்துசேரும் செய்திப் பெருக்கைப் பிரித்தறிய எத்தகைய செல்களின் செயல்முறைகள் பொறுப்பேற்றுள்ளன? கடந்த கால, மற்றும் நிகழ்கால நிகழ்வுகளை உரிய முறையில் கலந்து, அறியும் பணியைத் தூண்ட உதவும் நரம்புகளின் சுற்றமைப்பு எத்தகையது? இவ்வினாக்களுக்குரிய விளக்கத்தைப் பெற இன்னும் சில காலம் பிடிக்கலாம். என்றாலும், சில விளக்கங்கள் விடைகளைத் தருகின்றன.

நடைமுறை நினைவாற்றல் எங்ஙனம் செயல்படுகிறது என்பதை விளக்குவதற்கு, ஆலன்பேட்லி ஒரு மாதிரிப்படத்தை தருகிறார் (படம் 4.2). அவரும், அவரது உதவியாளர்களும் சேர்ந்து, நோயற்ற சிலரைச் சோதனைக்கு உட்படுத்தி, நன்கு அமைக்கப் பட்ட நினைவாற்றல் சோதனைகளை நடத்தி, அதன்மூலம் பெற்ற செய்திக் குறிப்புகளின் அடிப்படையில் இம்மாதிரிப்படம் அமைக்கப்பட்டுள்ளது.

நடைமுறை நினைவாற்றலுக்கு பொறுப்பாக உள்ள ஒரு 'மத்திய இயக்கி' (central processor) உருவாக்கப்பட்டது. நமது நினைவாற்றல், வாய்ச்சொல்லின் அடிப்படையில் அமைந்திருப்ப தால், சொற்களும், அவற்றின் ஒலித்தன்மையும், 'மத்திய இயக்கி'யின்

பணியில் முக்கிய அங்கம் வகிக்கின்றன. பகுத்தறிதலும், புரிந்து கொள்ளும் திறனும், சொல் அல்லது பேச்சின் அடிப்படையில் அமைந்துள்ளன. அகவே, ஒலி இயல் (phonology) உணர்வுகள் இதற்கு முக்கியத் தேவையாக உள்ளன.

பரிசோதனைக்கு உட்படுத்தப்பட்டவர்களை, வார்த்தைகளைப் பின் வரிசையில் திரும்பத்திரும்பக் கூறும் சோதனைகள் மூலம், நினைவாற்றலின் பேச்சுக் குறியீடுக்குரிய அடையாளம் பெறப்பட்டது. நீளமான வார்த்தைகளை விட குறுகிய வார்த்தைகளையே சரியாக நினைவுகூர முடியும். அதுபோல, ஒத்த ஒலியுடைய வார்த்தைகளையும், எளிதில் நினைவுகூர முடியும் என்பது கண்டறியப்பட்டது. இவ்வாய்வுகளின் அடிப்படையில், பேச்சு அல்லது பேசும் வார்த்தைகளமைப்பு, குறுகிய கால நினைவாற்றலைத் தூண்ட உதவுகிறது என்ற முடிவு மேற்கொள்ளப் பட்டது. ஒலி இயல், பேச்சு முதலியவற்றை நம்பியே 'மத்திய இயக்கி' அமைந்துள்ளது.



படம் 4.2 : நடைமுறை நினைவாற்றலை விளக்கும் ஒரு மாதிரிப்படம்

இக்கருத்துக்களை நடைமுறைப்படுத்தவே, நரம்பு உயிரியல் வல்லுநர்கள் விரும்புவார்கள். கடந்த கால நினைவுத்தடயங்கள், நமது மூளையின் அழகுவாய்ந்த செல்களின் கட்டமைப்பில் எங்கோ தேக்கி வைக்கப்பட்டுள்ளன. நரம்புகளின் இணைப்பில் நமது நினைவாற்றலின் வரைபடம் பொறிக்கப்பட்டுள்ளது. அதனைக் கண்டறிவது எளிதான செயலன்று!

5

நினைவாற்றலின் இணைப்புகள்

1910ம் ஆண்டில், ஆய்வுக்கூடமொன்றில் பணியாளராக வேலை செய்த ஒரு சிறுவன், நரம்புத் தொடர்புகளைக் கண்டறிய வழிகாட்டும் குறிப்புகளை ஆராய்வதற்காக, குப்பைக்கூடையில் எறியப்பட்ட தவளை மூளைத்திசுக்கள் தடவப்பட்ட கண்ணாடிக் காட்சி வில்லைகளைப் பொறுக்கி எடுத்து ஆராய்ந்தான். அந்தச் சிறுவன்தான் 25 ஆண்டுகளுக்குப் பிறகு, ஹார்வார்ட் பல்கலைக் கழகத்தில் பேராசிரியராகப் பொறுப்பேற்ற **கார்ல் லேஷ்வி** (Carl Lashvy). நாவலாசிரியராக மலரவேண்டும் என்ற எண்ணத்துடன் வாழ்வைத் தொடங்கி, கார்ல் லேஷ்வியின் செல்வாக்கிற்கு ஆட்பட்டு, நரம்பு உயிரியல் தரும் கிளர்ச்சிகளால் உந்தப்பட்ட, டொனால்ட் ஹெப் (Donald Hebb) என்பவர், லேஷ்வியுடன் தன்னை இணைத்துக்கொண்டு, வாழ்நாள் முழுவதையும், இத் துறையிலேயே கழித்துவிட்டார். லேஸ்வியுடன் இணைந்து 20 ஆண்டுகள் கழித்து, மிகச்சிறந்த ஆய்வுரையைப் படைத்தார். பலதலைமுறையைச் சேர்ந்த விஞ்ஞானிகளிடம் மிகுந்த தாக்கத்தை ஏற்படுத்திய இந்நூல், 'தி ஆர்கனைசேஷன் ஆஃப் பிஹேவியர்' (The Organisation of Behaviour) 'நடத்தையின் அமைப்பு' என்றழைக்கப்படுகிறது. இந்நூல் விளக்கும் கோட்பாடுகள், 'செயற்கை அறிவுத்திறம்' (artificial intelligence) என்பதன் அடித் தளமாக இன்று விளங்குகின்றன. மூளைச் செல்களுக்கிடையே 'அமைப்புப்பணி' தொடர்புகளை, 'ஹெப்புடைய சந்திப்புகள்' (Hebbi's synapse) என்று டொனால்ட் என்பவர் ஹெப்பின் பெயரால் அழைக்கப்படும் முறையை விளக்கினார். 'செல்களின் கூட்டமைப்புகளே', மூளை இயக்கத்தின் அடிப்படைக் கூறு என்ற கருத்துக்களும் அவருடைய சொந்தக் கருத்துக்களேயாகும். ஹெப்பின் கருத்துக்களே இன்றைய இலக்கணமாகத் திகழ்கின்றன. நினைவாற்றல் தடயங்கள், நரம்புகளின் கூட்டமைப்புகள்,

சந்திப்புகள் ஆகியவற்றை கண்டறியும் பணிகள் அன்றிலிருந்து கண்காணிக்கப்படுகின்றன.

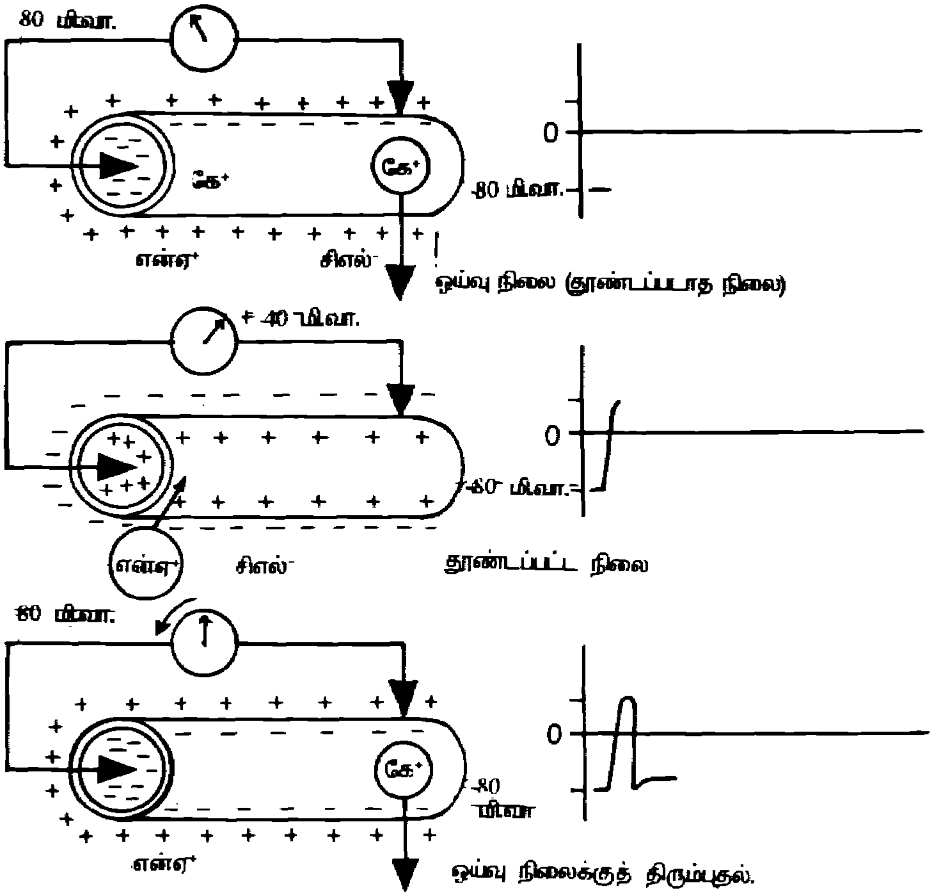
எண்ணிக்கையில் பதினாயிரங்கோடி கொண்ட நமது மூளையின் நரம்பு செல்கள், தனித்தன்மை வாய்ந்தனவாகும். இரண்டு செல்கள் ஒன்றுபோல் காணப்படுவதில்லை; ஒன்றிற்கொன்று முற்றிலும் வேறுபடுகின்றன என்ற போதிலும், அவற்றுக்குத் தனித் தோற்றமொன்று உண்டு. அது, நரம்பு செல்களை மற்ற உடல் செல்களிலிருந்து வேறுபடுத்திக் காட்டுகிறது. மின் அலைகளைப் பாய்ச்சும் திறன்தான் அது. ஒவ்வொரு நரம்பு செல்லும் ஒரு உடலமைப்பைப் பெற்றுள்ளது. உள்ளே 'மையக்கரு' (nucleus) காணப்படுகிறது. 'டெண்ட்ரைட்ஸ்' (dentrites) என்ற மெல்லிய நரம்புக் கிளைகள் புதர்போன்று செல்லின் உடலிலிருந்து வெளிக் கிளம்புகின்றன. அதேபோல 'ஆக்ஸான்' (axon) என்ற நீண்ட வால் போன்ற மெல்லிய நரம்புக்கயிறும் அச்செல்லின் உடலிலிருந்து வெளிக்கிளம்புகின்றது. நரம்பு செல்கள், அவற்றின் அமைப்பில் பல்வேறு வடிவங்களில் காணப்படுகின்றன. ஒவ்வொரு செல்லும், டெண்ட்ரைட்ஸ் வழியாகச் சமிக்ஞைகளைப் பெற்றுக்கொண்டு, அடுத்த செல்லுக்கு ஆக்ஸான் மூலம் அதனை அனுப்பி வைக்கிறது (படங்கள் XII & XIII). பணியாற்றுவதில் ஒன்றுக்கொன்று தொடர்புடைய நரம்பு செல்கள், அவை சந்திக்கும் முனைகளில் பொதிந்துள்ள ரசாயன மற்றும் மின்சார அமைப்புகள்மூலம் செய்தித் தொடர்பை ஏற்படுத்திக் கொள்கின்றன. இரண்டு நரம்பு செல்கள் சந்திக்கும் இடத்தில் 'சைனாப்ஸ்'(synapse)களை ஏற்படுத்திக்கொண்டு, அடுத்தடுத்து நெருக்கமாக அமைந்திருக் கின்றன. செய்திகளைத் தரும் செல் 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பிற்கு முன்புள்ள செல் (presynaptic neuron) என்றும், செய்திகளைப் பெறும் செல், சைனாப்ஸ் சந்திப்பிற்குப் பின்புள்ள செல் (post-synaptic neuron) என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன. இவ்விரண்டிற்கும் இடையே காணப்படும் இடம் 'சந்திப்புப் பிளவு' (synaptic cleft) என்பதாகும். கற்றலுக்கும், நினைவாற்றலுக்கும் தொடர்புடைய ஏராளமான இரசாயன மாறுபாடுகள், நரம்பு செல்லின் சவ்விலும், சந்திப்புப் பிளவிலும் நடைபெறுகின்றன.

19ஆம் நூற்றாண்டின் ஆரம்பத்தில், பாவியாப் பல்கலைக் கழகத்தைச் சார்ந்த கேமில்லோ கோல்கி (Camillo Golgi) என்பவர் உருப்பெருக்காடியில் பார்க்கும் கண்ணாடி வில்லைகளுக்குச் சாயமேற்றும் முறையொன்றை உருவாக்கினார். இம்முறை 'கோல்கி முறை' (Golgi Technique) எனப்படுகிறது (படங்கள் XIV & XV).

இது புதிராகவே உள்ளது. இம்முறை செயல்படும் விதம் முழுவதும் நன்கு புரிந்து கொள்ளப்படவில்லை. ஆனால், நரம்பு செல்களை ஆராய்வதற்குரிய மிகச்சிறந்த உருப்பெருக்கி முறையாக இன்றும் 'கோல்கி முறை' திகழ்ந்து வருகிறது. கோல்கியும், அவரது சமகாலத்தவரான சான்டியாகோ ராமொன் ஒய் கஜல் (Santiago Ramon Y Cajal) என்பவரும் இம்முறையைப் பயன்படுத்தி, நரம்பு மண்டலம் முழுவதையும் ஆராய்ந்தனர். 1906ஆம் ஆண்டின் நோபல் பரிசை, இவ்விருவரும் பகிர்ந்து கொண்டனர். உருப் பெருக்கியில் தோன்றும் நரம்புச் செல்களின் தோற்றத்தை ஆராய்ந்து கொண்டிருக்கும் போது, அவற்றின் இயக்கம் பற்றித் தெரிந்துகொள்ளும் ஆவல் ஊற்றெடுத்தது. 1791இல் இத்தாலியைச் சேர்ந்த லுய்கி கால்வனி (Luigi Galvani) மேற்கொண்ட புகழ்பெற்ற ஆராய்ச்சியின் காலந் தொட்டே, நரம்பு சமிக்கையில் மின் அலைகள் ஆற்றும் முக்கியப் பங்கு பற்றிய கருத்து வெளிப்படை யாகவே உணரப்பட்டது. தவளைத் தசையில் மின் அலைகளைப் பாய்ச்சி, அதனால் விளையும் தசைத்துடிப்பை விளக்கிக் காட்டிக் கொண்டிருக்கும் போது, மின்சாரம் தாக்கி, அதன் அதிர்ச்சி யிலிருந்து அதிர்ஷ்டவசமாக கால்வனி உயிர்தப்பினார். பல ஆண்டுகளுக்குப் பிறகு, 1850இல், புகழ்பெற்ற இயற்பியல் வல்லுநர் ஹெர்மன் வோன் ஹெல்ம்ஹோல்ட்ஸ் (Herman von Helmholtz) என்பவர் நரம்பில் பாயும் செய்திகள் அல்லது தூண்டுதல்களின் வேகத்தை முதன் முதலாக அளந்துகாட்டினார். வியப்புறும் வண்ணம், அவர் மேற்கொண்ட கணிப்பு, தவளை நரம்பில் பாயும் மின்சார வேகம், சற்று மெதுவாக, அதாவது மணிக்கு சுமார் 140 கி.மீ. வேகத்தில் செல்வதாகவே காட்டியது. மின்சாரம் நரம்பில் பாயும் வேகம், சாதாரணமாக அது பாயும் வேகத்தைக் காட்டிலும் அதிகமானது என்பதை உணர்ந்து, 'செயல்மின்அழுத்த அளவு' (action potential) என பெயரிட்டு அழைக்கப்பட்டது. ஒரு தனி நரம்பு செல்லுடைய மின்இயக்கத்தை அளப்பது மிகப் பெரிய சவாலாகவே இருந்தது. ஏனெனில், அதுவே சமிக்கையை ஏந்திச் செல்லும் கடைசி அடிப்படைக்கூறாக உள்ளது.

ஸ்குட் (squid) என்பது கடல் வாழ் பிராணிகளில் ஒன்றாகும். வியப்பூட்டுகின்ற மீன்வகையைச் சார்ந்தது. இப்பிராணியிடம் காணப்படும் மெல்லிய நரம்புக் கயிறான 'ஆக்ஸான்' உருப் பெருக்கியின் மூலம் பார்க்கப்படும் 'ஆக்ஸான்'களுடன் ஒப்பிட்டுப் பார்த்தால் பூதாகரமானதாகத் தோன்றுகிறது. உப்புத்திரவத்தால் நிரப்பப்பட்ட ஒரு மெல்லிய கண்ணாடிக் குழாயை ஸ்குட்டின்

ஆக்ஸானுக்குள் குத்திச் செலுத்தும்போது கண்ணாடிக்குழாய் உட்சென்றவுடன், புறச்சவ்வு அதனைக் சூழ்ந்து மூடிக்கொள்கிறது. இக்குழாய், இப்பொழுது மின்வாயாக (micro-electrode) செயல்பட முடியும். மற்றொரு மின்வாய், ஆக்ஸான் செல்லுக்கு வெளியே வைக்கப்பட்டு, இவ்விரண்டு மின்வாய்களுக்குமிடையே காணப் படும் மின்வலியளவு (voltage) கணிக்கப்படக்கூடும். இரண்டிற்கும் உள்ள வித்தியாசம் சுமார் 70 மில்லிவோல்ட் அளவாகும். ஆக்ஸான் செல்லினுடையப் புறச்சவ்விற்கு ஊடே காணப்படும் மின்சக்தியின் இவ்வேறுபாடு, தூண்டப்படாத நரம்பு செல்களைப் பயன்படுத்தி, அவற்றில் கணிக்கப்பட்டது. செல் இயங்காமல் இருக்கும் நிலையின் மின்சக்தி வேறுபாடு அளக்கப்பட்டு, அதற்கு ஓய்வு நிலை சவ்வு மின்அழுத்த அளவு (resting membrane potential) எனப்பெயரிடப் பட்டது. கி.பி. 1950இல் மேற்கொள்ளப்பட்ட இதுபோன்ற கணிப்புகள், பல புதிய வினாக்களைத் தூண்டி விட்டன. குறிப்பாக, நரம்பு செல்லின் ஓய்வுநிலை சவ்வு மின் அழுத்த நிலையை நிலைப்படுத்தும் அணுக்களின் இயக்க நுட்பம் பற்றிய வினாக்கள் எழுந்தன. 1972இல் ரோஜர் தாமஸ் (Roger Thomas) என்ற ஆங்கிலேய விஞ்ஞானி மேற்கொண்ட பல ஆராய்ச்சியில், பொட்டாசியம் (pottasium) என்ற உலோகப் பொருள், இதில் முக்கியப் பங்காற்றுகிறது என்பதைக் காட்டின. நரம்புச் செல்களின் புறச் சவ்வுகளில் (cell membrane) எல்லா விதமான மின்துகள் கால்வாய்களும், (ionic channels), மின்துகள் குழாய்களும் (ionic pumps) ஏராளமாகக் காணப்படுகின்றன. இந்த அணுப் பொருள் வாசல்கள் (molecular gate) சில மின்துகள்களை செல்லின் உள்ளே புக அனுமதிக்கின்றன. சிலவற்றைத் தடுத்து விடுகின்றன. இம்மெல்லிய கட்டமைப்பு, நரம்பு செல் ஓய்வு நிலையில் இருக்கும் போது நிலையான மின்வலியளவை (voltage) பாயுமாறு கண் காணிப்பதோடு, செல் தூண்டப்படும்போது எழும் சமிக்கைகளை மின் அலைகளாக (electrical) அனுப்பவும் உதவுகிறது. சக்தியைப் பயன்படுத்தும் மிக நுண்ணிய மின்துகள் குழாய்கள், தூண்டப் படாத செல்லின் வெளிப்புறத்தில், உப்பு மின்துகள்களின் செறிவு (sodium ionic concentrate) உள்ளே இருப்பதைக் காட்டிலும் 10 மடங்கு அதிகம் இருக்குமாறு பார்த்துக் கொள்கின்றன. .செல் தூண்டப்பட்டவுடன், சவ்வு சற்று இளகி, உப்பு மின்துகள்கள் உள்ளே விரைகின்றன. அதன் விளைவாக, மின் அழுத்த அளவு குறைகிறது. உடனே பொட்டாசியம் மின்துகள்கள் வெளியேறி விடுகின்றன. தூண்டல் சற்று வலுவாக



ஓர் ஆக்ஸானில் பதிவு செய்யப்பட்ட மின்மயத் தூள்களின் மாற்றங்கள் — மின் அழுத்த அளவின் பதிப்பு

படம் 5.1 : செயல் மின் அழுத்த அளவு பதிவு செய்யப்படும்பொழுது தோன்றும் அணுக்களின் நிகழ்வுகள்

இருந்தால், பொட்டாசியம் மின்அழுத்தம் குறைவதன் அளவு, உரிய அளவை மிஞ்சி விடுகிறது. மின்-துகள் மாற்றங்களை, இப்போது நிறுத்த முடியாது. உடனே, சராசரி மின்அழுத்த அளவு, நேர்மின்பக்கம் (positive side) அதிகரித்து விடுகிறது. இதுவே செயல்மின் அழுத்த அளவாகும் (action potential). நரம்பு செல்லினுள் இயக்கம் தூண்டப்பட்டு, சவ்வில் ஏற்படும் கணநேர மாற்றம் ஆக்ஸான் வழியாக 'மின்எரியிழை' (fuse)இல் செல்லும் வேகத்துடன் விரைந்து செல்கிறது (படம் 5.1). கேம்பிரிட்ஜ் பல்கலைக் கழகத்தைச் சேர்ந்த ஆலன் ஹாட்ஜ்கின் (Alan Hogdgkin),

கே+ – பொட்டாசியம், என்ஏ+ – சோடியம், சிஎல்- – குளோரைட்

ஆண்ட்ரூ ஹக்ஸ்லி (Andrew Huxley) ஆகிய இருவரும் நரம்பு செல்களின் இயக்கத்தை இதன் மூலம் கண்டறிந்தனர். செல்களி லிருந்து புறப்பட்டுச் செல்லும் செய்திகள் கொண்டு செல்லப்படும் முறை, வழிகளின் வகைகள், மின்துகள் குழாய்களின் ஆற்றல் ஆய்வுகள் ஆகியவற்றின் முழு விவரங்களும் கண்டறியப்பட்ட போதிலும், அடிப்படை அமைப்பு சிறந்த அமைப்பாகவே ஏற்றுக் கொள்ளப் பட்டுள்ளது. நரம்பு செல்களின் சமிக்ஞை அமைப்பு, ஒரு குறிப்பிட்ட அடுக்கு நிகழ்வுகளில் தோற்றுவிக்கப்படும் 'செயல்மின் அழுத்த அளவே' ஆகும்.

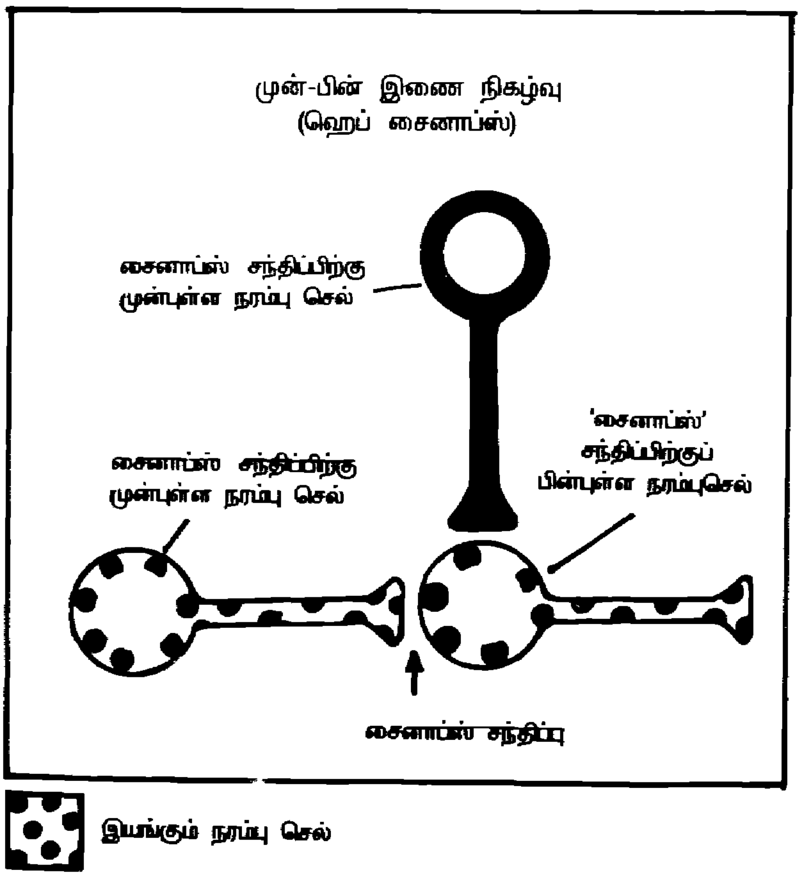
நரம்பு செல்களைச் சுற்றி பாதுகாப்புச் சவ்வு போர்த்தப்பட் டிருக்கிறது. 'மயலின் உறை' (myelin sheath) என அழைக்கப்படுகிறது (படம் XVI). சில குறிப்பிட்ட இடங்களைத் தவிர மற்ற இடங்களில், மின்துகள்களின் மாற்றங்களுக்கு ஆக்ஸான்கள் உடன்படாதவாறு மயலின் உறை கவனித்துக் கொள்கிறது. இதன் விளைவு வியக்கத்தக்கதாகும். தோற்றுவிக்கப்படும் மின் அலைத் தொடர், தொடர்ந்து பாய்ந்தோடாமல், ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்குத் தாவித்தாவிச் செல்கிறது. அதிவேகமாக, ஆனால் செய்திகளில் சிலவற்றை இழந்து 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பிற்கு வந்து சேர்கின்றன (படம் XVII). சில சந்திப்புகளில் நரம்பு செல்களின் தொடர்புகள் மிக நெருக்கமாக அமைந்துள்ளன. அதன் காரணமாக, மின் அலைகள் 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பிற்குப் பின்புள்ள செல்லுக்கும் சென்றடைகின்றன. என்றாலும் பெரும்பாலான வற்றில் 'இரசாயன தகவலாளர்கள்' (chemical messengers) தேவைப்படுகின்றன. பல்வேறு வகையான ரசாயனப் பொருள்கள், நரம்பு வழி செய்திகளை எடுத்துச் செல்லும் தகுதியைப் பெற்றுள்ளன (neuro transmitters). மூளைச் செல்லில் தோன்றும் செயல்மின் அழுத்த அளவின் காரணமாக வெளியேறும் இந்த இரசாயன அணுக்கூறுகள் 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பிற்குப் பின்புள்ள செல் சவ்வின் மீதுள்ள ஏற்புத்திசுக்களை இணைக்கின்றன. இச்செயல், எண்ணற்ற இரசாயன இயக்கங்களைத் தூண்டிவிட்டு, முடிவில், 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பிற்குப் பின்புள்ள செல்லினுள், பதிவு செய்யத்தக்க மின் அழுத்தத்தைத் தோற்றுவிக்கிறது. இதுவே 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பு மின் அழுத்த அளவு' (synaptic potential) என அழைக்கப்படுகிறது. இம்மின் அழுத்த அளவு அதிகரிப்பு, 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பிற்கு பின்புள்ள நரம்புச்செல், மேற்கொண்டு சமிக்கைகளை அனுப்பும் பணிக்கு உதவுவதற்குத் தேவைப்படுகிறது. இவ்விதமாக 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பு செய்திகளை ஒழுங்குபடுத்த

உதவும் ஒருமையமாகத் திகழ்கிறது. வந்தடையும் சமிக்கைகள், அப்படியே மேற்கொண்டு அனுப்பப்படலாம். அல்லது அனுப்பப் படாமல் போகலாம். சுருக்கமாகவும் விரிவாகவும் அனுப்பப் படலாம். இச்சந்திப்பில் தோன்றும் நிகழ்வுகள், நரம்பியல் உயிரியல் அறிஞர்களின் ஆர்வத்தைத் தூண்டியுள்ளன. ஏனெனில், நினைவாற்றல் பற்றிய வழிகாட்டும் குறிப்புகள், இச்சந்திப்பிற்கு வந்தடையும் செய்திகளை ஒழுங்குபடுத்தும் இயக்கத்தில்தான் புதைந்துள்ளன என்பதாலேயாகும்.

பொதுவாகவே, நரம்புச் செல்கள் செயலறிவுத்திறம் வாய்ந்த தொடர்புகளைத் தூண்டுவதில் திறன்பெற்றவையாகும். பணிச் சூழல் அமைப்புகளாக ஒன்றிணைந்து, பல்வேறு வழிகளில் செய்தி களைப் பகிர்ந்துகொள்கின்றன. 'விலகிச் செல்லும் சுழலமைப்பு' (divergent circuit) என அழைக்கப்படும் அமைப்பின்மூலம், சில நேரங்களில் சமிக்கைகளை பல செல்களுக்கு அனுப்பி வைக்கும் ஒரு தனி நரம்புசெல், அவற்றை விரிவுபடுத்திவிடுகிறது. அதற்கு மாறாக, 'ஒன்றிணைக்கும் சுழலமைப்பு' (convergent circuit) சமிக்கை களை ஒரே இடத்தில் வந்து குழுமி விடச் செய்கின்றது. ஓர் ஆர்வமிக்க நரம்புகளின் கூட்டு, எதிரொலிக்கும் சுழலமைப்பாகும். (reverberating circuit) செல்களின் வழியாக, சமிக்கைகளை முன்னும் பின்னும், சிறிதுநேரம் எதிரொலிக்கச் செய்கிறது. 'நடைமுறை நினைவாற்றல்' இயக்கத்தில் நடைபெறுவதுபோல, தற்காலிகமாக, செய்திகளை நிலைநிறுத்திக் கொள்ள, எதிரொலி சுழலமைப்பின் உதவி தேவைப்படுகிறது. நமது மூளை செல்களின் கட்டமைப்பு எவ்விதம் அமைந்திருக்கிறது என்பதை உற்றுநோக்கினால், ஒரு குறிப்பிட்ட சுழலமைப்பைத் தூண்டுவதன் மூலம், மூளைப்பணி யைத் தெரிந்துகொள்ள முடியும் என்பது தெரியவரும். எடுத்துக் காட்டாக, நாம் ஒரு பொருளைப் பார்க்கும்போது, பார்வைச் செயலின் மின் அழுத்த அளவு, கண்ணின் குறிப்பிட்ட செல்களி லிருந்து புறப்பட்டு, பார்வை நரம்புச் செல்களின் வழியாக பெருமூளையின் பார்வைப் பகுதிக்குச் சென்று, அங்கிருந்து கடைசியாக ஹிப்போகேம்ப்பஸ் என்ற பகுதியைச் சென்றடை கிறது. பார்வை செல்லும் வழி, நன்கு அறியப்பட்டுள்ள பாதை யாகும். எத்தனையோ பல இணைப்பு வழிகள் நன்கு அறியப் படாமல் உள்ளன. கற்றல், நினைவாற்றல் முதலியனவற்றிற்கு உதவும் வழிகள் அவற்றிலடங்கும்.

'ஏ' செல்லின் ஆக்ஸான், 'பி' செல்லைத் தூண்டி, பிறகு திரும்பத் திரும்பத் தூண்டுவதைத் தொடர்ந்து செயலாக்கும்போது,

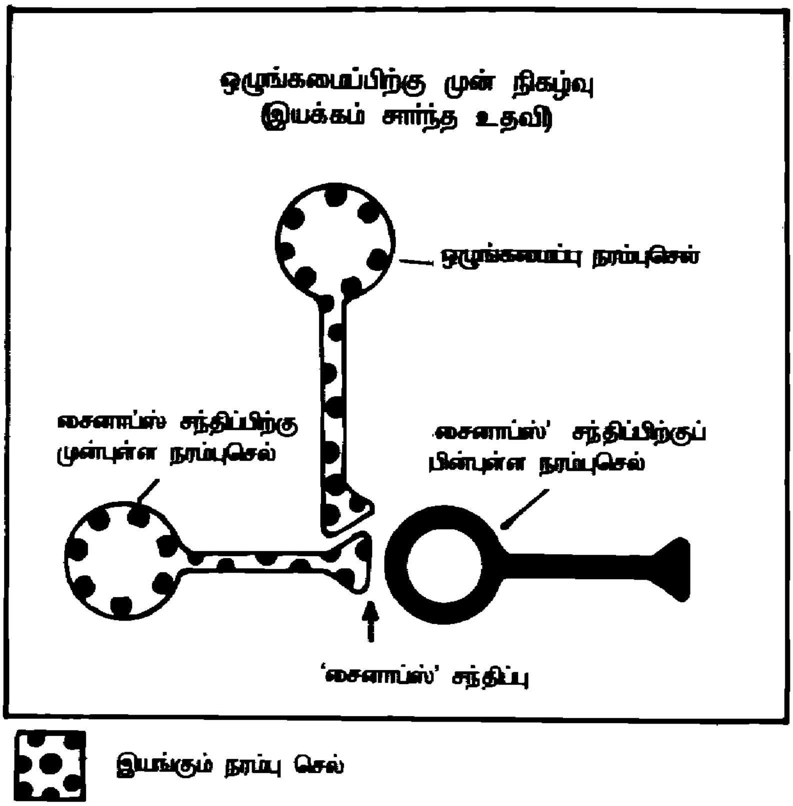
'ஏ' அல்லது 'பீ' செல் அல்லது இவை இரண்டிலும் ஒருவகை வளர்ச்சி அல்லது உயிரியல் மாறுபாடுகள் ஏற்படுகின்றன. எனவே, 'பீ' செல்லைத் தூண்டும் செல்களில் ஒன்றாக 'ஏ' செல்லின் திறன் அதிகரிக்கிறது. எவ்விதத் தடயங்களும் கிடைப்பதற்கு வெகு காலத்திற்கு முன்பு வெளிவந்த டொனால்ட் ஹெப் (Donald Hebb) என்பவருடைய இந்தக் கருத்து இன்றும் உண்மையாக ஒலிக்கிறது. ஒரே விதமான இரண்டு செல்களுக்கிடையேயுள்ள 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பு வழியாகத் திரும்பத் திரும்பப் பாய்ந்து செல்லும் மின் அழுத்த அளவு, மாற்றங்களை ஏற்படுத்தி விடுகிறது (படம் 5.2). இந்த மாற்றங்கள், அவற்றின் இணைப்பிற்கு வலிமை சேர்க்கின்றன. 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பிற்கு முன்னும் பின்னும் உள்ள நரம்பு செல்களில், தற்செயலாக ஒருங்கிணைந்து நடைபெறும் இயக்கம், இணைப்பை ஏற்படுத்துவதற்கு இன்றியமையாததாகும். சைக்கிள் ஓட்டக்கற்றுக்கொள்ளும்போது, ஒரேவித இயக்கப் பாதைகள் திரும்பத் திரும்பத் தூண்டப்படுகின்றன. இரண்டு நரம்பு



படம் 5.2 : ஹெப் சைனாப்ஸ்' சந்திப்பு இயங்கும் விதம்

செல்களுக்குமிடையே 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பு வழியாகத் தொடர் சமிக்கைகள் பாய்ந்து செல்வதால், சிறிது காலத்திற்குப் பிறகு, நிரந்தரமான மாற்றங்கள் 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பில் ஏற்படுகின்றன. ஆகவே, உள்ளடக்க நினைவாற்றல் இயங்குகிறது. 'திரும்பத் திரும்பத் தூண்டப்படுவதன் காரணமாக உள்ளடக்க நினை வாற்றல்' இயக்கம் ஏற்படுகிறது. அதாவது, ஒரு செயலைக் கற்றுத் தேர்வதற்கு, அடிக்கடி மேற்கொள்ளப்படும் பயிற்சிகளே சிறந்த வழியாகும் என்றபோதிலும், இதுபோன்ற செல் இயக்க நுட்பங்கள், 'தெளிவான நினைவாற்றல்' அமைப்பிலும் காணப்படுகின்றன. முன், பின் தற்செயல் தூண்டுதல் அதைத்தொடர்ந்து, ஹிப்பே கேம்ப்பஸ்ஸிலுள்ள 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பு வலிமை பெறுதல் முதலியன இடம் சார்ந்த நினைவாற்றல் (spatial memory) அமைப்பிலும் காணப்படுவதாக, அறியப்பட்டுள்ளது.

ஒரு தனி நிகழ்ச்சியின் நினைவும், அதனை நினைவு கூரத் தக்கதாகவுமுள்ள நினைவாற்றல்கள் உள்ளடக்கமானவையாகும். அவை 'கூடிச்சேரும் இயல்புடையன' (associative) என அழைக்கப் படுகின்றன. ஏனெனில், மற்றொரு அனுபவத்தினால் ஏற்படும் தொடர்பின் காரணமாக, அவற்றை நாம் நினைவு கொள்கிறோம். மனிதர்களின் நினைவாற்றலில், செல்களின் நுட்பமான இயக்கங் களைத் தேடுவதற்கு ஓர் எல்லையுண்டு. இதனை நினைவில் கொண்டு, எரிக் கண்டெல் (Eric Kandel) என்பவர், எளிமையான ஒருமுறையைக் கண்டறிய முயற்சித்தார். பிரான்சு நாட்டின் கடலோர ஆராய்ச்சிக் கூடத்தைச் சேர்ந்த ஒரு விஞ்ஞானி, தேசிய சுகாதாரக் கழகத்திற்கு (National Institute of Health) வருகை தந்த போது, 'அப்ளைசியா' (Aplysia) என்ற கடல்நத்தையின் நரம்பு மண்டலத்தைப் பற்றி பேசினார். அவர் காட்டிய படங்களின் அழகைக் கூர்ந்து பார்ப்பதற்கு கண்டெல் தவறவில்லை. உடனே, இக்கடல் பிராணியின் கற்றல், நினைவாற்றல் ஆகியவற்றின் செயல் முறைகளை அறிந்து கொள்ளும் முயற்சியில் ஆர்வமும், துடிப்புமுள்ள ஓர் குழுவினை அமைத்து, ஆராய்ச்சிப் பணியைத் தொடங்கினார். ஆராய்ச்சியின் எளிமையான அமைப்பும், அதன் அழகும், மிக்க பொறுமையுடன் செல்லின் உள்ளே நிகழும் இயக்கங்களைப் பதிவு செய்த முறையும், வியக்கத்தக்க முடிவு களைத் தந்தன (படம் 5.3). இக்குழுவினர் தோற்றுவித்த செயல் நுட்பங்களின் மூலம், நினைவாற்றலின் சில செல்கள் மற்றும் அணுக்களின் ஒன்றிணைப்பு அமைப்புகளைக் கண்டறிய முடிந்தது. முதுகெலும்புப் பிராணிகளின் நரம்பு மண்டல



படம் 5.3 : எரிக் கண்டெல் மற்றும் அவரது குழுவினர் விளக்கிய 'ஒழுங்கமைப்பு நரம்பு செல்'லின் இயக்கம்

அமைப்பினைப் பற்றி தகவல்கள் அறிந்துகொள்ள உதவக்கூடும் என்ற நம்பிக்கையுடன், கெண்டலும் அவரது குழுவினரும் 'அப்ளைசியா' நத்தையை அறுத்துப்பார்த்து அதன் நரம்பு மண்டல அமைப்பை ஆராய்ந்தனர். இப்பொழுது ஒரு புதிய வினா எழுந்தது. அதாவது, தெளிவான நினைவாற்றல், உள்ளடக்க நினைவாற்றல், ஆகிய இவ்விரண்டு வகை நினைவாற்றல்களின் அமைப்புகள், செல்களின் அளவில் ஒரே மாதிரியான இயக்கத்தைக் கொண்டுள்ளதா என்பதாகும். 'அப்ளைசியா' ஆராய்ச்சிகளினடிப்படையில், இணைந்து கற்கும் திறனுக்குரிய (associative learning) ஒரு முன் மாதிரியை எடுத்துரைத்தனர். 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பிற்கு முன்னும், பின்னும் காணப்படும் நரம்பு செல்களுக்கு மேலாக, மூன்றாவது வகை நரம்பு செல் ஒன்றைக் கருத்தில் கொண்டனர். 'சைனாப்ஸ்', சந்திப்பிற்கு முன்புள்ள நரம்பு செல்லுடன் இணைந்து கொள்ளும் இந்நரம்பு செல், 'ஒழுங்கமைப்பு நரம்புசெல்' (modulatory neuron)

என்பதாகும். 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பிற்கு முன்-பின் நரம்பு செல்களின் தொடர்பிற்கு, உறுதியூட்டுவதற்கு, இம்மூன்றாவது 'ஒழுங்கமைப்பு நரம்பு' செல்லும் இணைந்தியங்குகிறது. குறிப்பிடத் தக்க இந்த நிகழ்ச்சி, 'சைனாப்ஸ்' முன்புற உதவி' (Presynaptic Facilitation) என்ற விஞ்ஞான சொற்களால் அழைக்கப்படுகிறது. இதில் பங்கேற்கும் சுழலமைப்புகள் சிக்கலானவையாக காணப்பட்ட போதிலும், நாம் அவற்றைத் தெரிந்துகொள்ள முயலும்போது இதுபோன்ற எளிமையான இணைப்புகள் தெரிய வருகின்றன. சூடான தேநீர்க் கோப்பையைத் தொடமுயலும் ஒரு தவழும் குழந்தையிடம் தொடாமலிருக்குமாறு எச்சரித்து, பின்பு கடுந்துரைப்பதைத் தொடர்ந்து இலேசாக வலிக்குமளவிற்கு பிட்டத்தில் அடி கொடுக்கப்படுகிறது. பின்பு, மறுபடியும் அக்குழந்தை சூடான கோப்பையைத் தொடமுயலும்போது, வெறும் எச்சரிக்கையே போதுமானதாகும். இப்பொழுது, குழந்தை சூடான கோப்பையைத் தொட்டால், அது விரலைச் சுட்டுவிடும் என்பதைக் கற்றுக் கொண்டுவிட்டது. இதற்கு 'சைனாப்ஸ்' முன்புற உதவி' உதவுகிறது. பாவ்லோவ் ஆராய்ச்சிகளின் விளைவுகளும், இதனடிப்படையில் தான் நிகழ்ந்துள்ளன. நீடித்த தொடர்புகளைத் தோற்றுவிப்பதற்காக, இணைந்து செயல்படும் பல்வேறு வகை நரம்புசெல்களுடன், பல சிக்கலான நினைவாற்றல் அமைப்புகள், செல்களின் செயல்முறை யளவில் ஒன்றாக இணைந்திருக்கலாம். டி. ப்ளிஸ் (T. Bliss), டி. லோமோ (T. Lomo) என்ற நார்வே நாட்டு விஞ்ஞானிகள் இருவரும் 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பு இணைப்பின் அதிக அளவு வலிமையை விளக்கிக் காட்டினர். முயலின் ஹிப்போகேம்ப்பஸ் இதழ், ஒரு சுருண்ட அமைப்பாகும். செய்திகளை உட்செலுத்தும் பெருமூளை நரம்புக் கற்றை மூலம் இணைக்கப் பட்டுள்ளது. சிஏ3 (CA3) என்ற ஒரு ஹிப்போகேம்ப்பஸ் பகுதியுடன் சென்று முடிவடைகின்றது. சிஏ1 (CA1) என்ற பகுதிக்குச் செய்திகளைத் தந்துவிட்டு, ஹிப்போகேம்ப்பஸை விட்டு வெளியேறுகிறது. ப்ளிஸ், லோமோ இருவரும், 'டெட்டானிக்' (tetanic) என்று அவர்களால் அழைக்கப் பட்ட மிகச் சக்தி வாய்ந்த மின்சாரத்தைக்கொண்டு, இந்நரம்புக் கற்றையைத் தூண்டி, அதன்மூலம் 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பிற்குப் பின்பு தோன்றும் மின் அழுத்த அளவைப் பதிவு செய்தனர். அதிக அளவில் மின் அழுத்தம் உயர்ந்து காணப்பட்டதோடு, மிக நீண்டநேரம் இயக்கப்பட்ட நிலையில் நிலைத்து நின்றது. பல மணி நேரம் மட்டுமின்றி, பல நாட்கள் வரையிலும்கூட நீடித்திருந்தது. இதனை 'நீண்ட கால மின்அழுத்தம்' (long-term potentiation) என

அழைத்தனர். இதைத் தொடர்ந்து 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பு வலிமை பெற்றது. கற்றல், நினைவாற்றல் முதலியனவற்றில் செல்களில் தோன்றும் விளைவுகளை இது பிரதிபலிக்கிறது. இது போன்ற மின் அழுத்தம் நிறைந்த 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பு மிகவும் குறைந்த அளவு தூண்டுதலுடன் செய்திகளை அனுப்ப முடியும். இந்த ஆராய்ச்சிகளில் பயன்படுத்தப்பட்ட ஹிப்போகேம்பஸ் இதழ்கள் கண்ணாடிக் குழாயில் (in vitro) வைத்துத் தயாரிக்கப்பட்டு செயற்கை முறையிலே தூண்டப்பட்டவையாகும். ஆகவே, பிராணி, ஒன்றைக் கற்றுக்கொண்ட பின்பு, மின் அழுத்த அளவு உண்மையில் உயர்ந்திருக்குமா என்பது ஊகத்திற்கிடமானதே. எடின்பரோ நகரைச் சேர்ந்த ரிச்சர்ட் மோரிஸ் (Richard Morris) என்பவரும், அவரது உதவியாளர்களும் கற்றல், நினைவாற்றல் ஆகிய இரண்டிற்குமுரிய 'நீண்ட கால மின் அழுத்தம்' (long term potentiation) தொடர்பான ஆராய்ச்சியின்மூலம், மிகவும் பயனுள்ள கருத்தினை வெளியிட்டார்கள். எலிகளில் நீண்ட கால மின் அழுத்தத்தைத் தடுத்துவிடும் தன்மையுள்ள ஒரு மருந்து, கற்ற பின்பு தோன்றும் நடவடிக்கையில் ஊறுவிளைவித்து விடுவதாகக் காணப்படுகிறது. என்றபோதிலும், ஒரு பிராணி ஒன்றைக் கற்றுக் கொண்டிருக்கும்பொழுது, அதற்குரிய மிகவும் சக்தி வாய்ந்த மின் தூண்டல், சுற்றுப்புறத்திலிருந்து கிடைக்கும் என எதிர்பார்க்கப் படும் நிலையில் அப்பிராணியின் 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பின் செல்களிலிருந்து நேரடியாக நிகழ்வுகளை பதிவு செய்வது என்பது இன்னும் சாத்தியப்படவில்லை. ஆனாலும் கூட, நீண்ட கால மின்அழுத்தம், மற்றும் 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பின் உறுதியிலேற்படும் ஒருங்கிணைந்த மாற்றங்கள் முதலியன ஏற்றுக் கொள்ளப்பட்ட கற்றல், நினைவாற்றல் ஆகியவற்றின் செல் இணைப்புகளேயாகும்.

"நினைவாற்றலைப் பற்றிப் பேசுவதில் ஏற்படும் சிரமம் என்ன வென்றால், அதில் பல வகைகள் விவரிக்கப்படுகின்றன. அவை மொழித் திறனோடு நெருங்கிய தொடர்புடையன. ஆகவே, அதன் அடிப்படைகளை அலைக்கழிப்பது என்பது சற்று கடினமான செயலேயாகும். அதன்விளைவாக, நினைவாற்றல் இயக்கங்கள் எளிதாகப் புரிந்துகொள்ளப்படவேண்டும் என்பதற்காக, நினை வாற்றல் இயக்க அடிப்படையான 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பில் ஏற்படும் மாற்றங்கள் அடிக்கடி நினைவாற்றலுடனேயே இணைத்துப் பேசப்படுகின்றன. கி.பி. 1972இல் நோபல்'பரிசு பெற்ற விஞ்ஞானி ஜெரால்ட் எடல்மேன் (Jerald Edelman) என்பவர், மனித நினைவாற்றலை முற்றிலும் எளிமையான கருத்துக்களுக்கு

உட்படுத்தும் (reductionist view of human memory) போக்கிலிருந்து தற்காத்துக்கொள்ளவே விரும்புகிறார். 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பின் முக்கியத்துவத்தைக் கருத்தில் கொண்டு அனைத்துக் கருத்துக் களையும் உள்ளடக்கிய ஒரு கொள்கையைக் (holistic view) குறிப்பிடுகிறார். நினைவாற்றல் மட்டுமின்றி, உணர்வு நிலையையும் விளக்கும் 'நரம்புக்குழுத் தேர்வுக் கொள்கை' (Theory of Neural Group Selection) என்பதை விளக்கினார். எடெல்மேன் கொள்கைப் படி, காலத்தில் பல தருணங்களில், நரம்புக்குழுக்கள் தேர்வு நிலைக்கு உட்படுகின்றன. வளர்ச்சியின் பல நிலைகளில், ஒரு பெரிய தேர்வு நிலை ஏற்படுகிறது. மூளை வளர்ச்சியடையும் பொழுது, செல்களுக்கிடையே, பிரதானமாகச் செயல்படும் அமைப்பு (primary repertoire) உருவாக்கப்படுகிறது. செல்களுக் கிடையே அணுக்கள் அடையாளம் காணப்படுவதன்மூலம் இது உறுதி செய்யப்படுகிறது. நரம்பு செல்களுக்கிடையே தொடர்பு ஏற்படும் எண்ணிறந்த வாய்ப்புகள் இருந்தபோதிலும் ஒரு சில செல்களுக்கிடையில் மட்டுமே, தொடர்புகள் ஏற்படுகின்றன. இதற்குரிய சட்டங்கள், உயிர்ப்பொருளின் உடலமைப்பின் தனித் தன்மைப்படி உருவாக்கப்படுகின்றன. உதாரணமாக, செல்களின் செயலெதிர்ச்செயலின் அடிப்படைக் கொள்கைகள் ஒன்றாக இருந்தபோதிலும் ஒரு பூனையின் பார்வைப் பாதை அமைவது மனிதனின் பார்வைப் பாதை அமைவதிலிருந்தும் வேறுபடுகிறது. இதன் கடைசி முடிவு, நரம்புமண்டல அடிப்படை அமைப்பான, அதன் 'உடலமைப்பு' (anatomy) தோன்றுவதேயாகும். எடெல்மென் கொள்கையின் இரண்டாவது விதி, "இந்த உடலமைப்பு', அமைப்பிற்குள், சில குறிப்பிட்ட நரம்பு இணைப்புகள் வலுப் பெறுவதும், சில வலுவிழப்பதும் நடைபெறுகின்றன" என்பதைக் கூறுகிறது. ஒரு தனித்தன்மை வாய்ந்த தூண்டல், சில செல் குழுக்களுக்கிடையே நெருங்கிய இணைப்பை ஏற்படுத்துகிறது. இச்செயல்முறையைப் பயன்படுத்தி, நினைவாற்றல் தடத்தை கண்டறிந்து விட முடியும். 'இரண்டாந்தர செயல்முறை அமைப்பை அமைத்தல்' என்று இதனை எடெல்மென் அழைத்தார். இந்த இரண்டு செயல்முறை அமைப்புகளும், எவ்விதம் செயலெதிர் செயல்களை ஏற்படுத்துகின்றன என்பதை விளக்குவதே, எடெல்மென் கொள்கையின் முக்கிய அம்சமாகும். ஒவ்வொன் றிற்கும் குறுக்கு இணைப்புத் தொடர்புடைய திட்டப் படங்கள் உருவாக்கப்படுகின்றன. உதாரணமாக, மனிதன்–குரங்கு உள்ளிட்ட உச்சவுயர்வுப் பால்குடி உயிரினத் தொகுதியின் பார்வை, அமைப்பு,

நிறம், இட இயல்பு, அறியும் திறன், அசைவு போன்றவற்றின் திட்டப் படத்தைப் பெற்றிருக்கக்கூடும். இவை ஒவ்வொன்றும், மற்றொன் றுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. ஒரு பார்வைத்தூண்டல் மூலம் ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட இத்திட்டப்படங்களிலுள்ள நரம்பு செல்குழுவின் இயக்கம் தூண்டப்படலாம்.

இதே தூண்டல் மீண்டும் செயலாக்கப்பட்டால் இணைப்பு களின் ஒன்றிணைந்த வலிமையின் காரணமாக இந்த இணைந்துள்ள திட்டப்படங்களுடைய தேர்வு நடைபெறுகிறது. நரம்புகளின் பாதை ஒன்றின்மேல் ஒன்றாகக் கவிழ்ந்திருக்கக்கூடும். நீலநிறத்தைப் பார்த்து உணர உதவும் நரம்புத்திட்டப்படம், பல்வேறு இடம் சார்ந்த உள்ளுணர்வுகளோடு இணைந்து (spatial inputs) தூண்டப்படலாம். ஆகவே, எந்த உணர்வும், ஒரு திட்டப் படத்திற்கு அதிகமாக வகைப்படுத்தப்படக்கூடும். அப்படி யென்றால், நினைவாற்றல் என்பது, இத்திட்டப்படங்களில் நிகழும், தொடர்ந்த, ஆற்றல்மிக்க இயக்கப்பணியேயாகும். ஒரு நினைவு கூரல் என்பது, திட்டப்படத்தின் ஒரு பகுதி தூண்டப்படுதல் என்பதாகும். அது, உட்செல்லும் செய்தியை ஒத்திருக்க வேண்டு மென்ற தேவையில்லை. 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பில் நேரும் மாற்றங்கள் தான் செய்திகளைத் தேக்கி வைப்பதற்குரிய அடிப்படை அமைப்பு என்பதைக் கருத்தில் கொள்ளவேண்டும்.

மூளை இயக்கத்தின் ஓர் அழகிய பகுதி, எடெல்மேன் கொள்கையில் குறிப்பிட்டுக் கூறப்படுகிறது. மூளைச் செல்கள், அவற்றின் அமைப்பில் ஒரே இடத்தில் நிலைபெற்றிருந்த போதிலும், அவற்றின் இயக்கத்தில் எப்பொழுதும் மாறிக் கொண்டே உள்ளன. எளிதில் மாறும் இச்செல்களின் தன்மை கற்பதற்குரிய மூளையின் உள்ளார்ந்த திறனுக்கு உதவுகிறது. நமக்குக் கிடைக்கும் உறுதியான இரண்டாவது கருத்து, நினைவு கூரப்படும் நினைவாற்றல், நாம் முதலில் உணர்ந்த கருத்தின் மறு பிரதிபலிப் பல்ல என்பதாகும். நாம் எப்பொழுதும், செய்ததைத் துல்லியமாக நினைவு கூர்வதில்லை. மாறாக, நடைபெற்றுக் கொண்டிருக்கும் நிகழ்ச்சிக்குத் தேவையானவற்றையே நினைவு கூர்கிறோம். எனவே, இதில் முக்கியமாக கவனத்தில் கொள்ளவேண்டிய செய்தி என்ன வென்றால், நினைவாற்றல் என்பது, நிகழ்ச்சிகளை நினைவுகூர்தல் மட்டுமே என்பதல்ல; மாறாக, உணரப்பட்டுள்ள நிகழ்ச்சியின் உருமாற்றத்தை நினைவு கூர்தல் என்பதேயாகும். இது மொத்த அமைப்பின் சொத்து என்பதன்றி வேறல்ல!

6

நினைவாற்றல் நுண்கூறுகள்

"இயற்கையின் பல சிக்கல்களுக்கிடையே, எளிமையான செயல் முறைகள் எப்பொழுதுமே காணக்கிடக்கின்றன. ஆனால், பரிணாம வளர்ச்சி, பல கோணங்கித்தனமான மாற்றங்களாலும், சேர்க்கை களாலும் அவற்றை மூடி மறைத்துவிடுகின்றது. பெரும்பாலான தருணங்களில், சற்று முன்பாகவே பரிணாம வளர்ச்சியைப் பெற்றுவிடும் இந்த செயல்முறைகளைக் கண்டறிவது என்பது சற்று கடினமேயாகும்". ஜேம்ஸ் வாட்சன் (James Watson) என்பவருடன் இணைந்து 'மரபணு அமைப்பை' (gentic code) கண்டுபிடித்த புகழ்பெற்ற உயிரியல் அறிஞர் பிரான்சிஸ் கிரிக் (Francis Crick) என்பவர் இப்பொழுது, நரம்பியல் உயிரியல் துறையில் புதிய புதிய ஆய்வுகளை மேற்கொண்டுள்ளார். நரம்பு மண்டலத்தின் சிக்கல்களைப் பெரிதும் உணர்ந்துள்ள அவர், "மூளை பற்றிய ஆய்வில் ஒரு புதிய திருப்பம் ஏற்படின், அது மூளை அமைப்பின் முழுக்கட்டுப்பாட்டளவில்தான் ஏற்பட முடியும்" என்று குறிப்பிடுகிறார். இது போன்ற கருத்துக்களே அதிகம் எதிர்பார்க்கப் பட்டவையாக இருந்தபோதிலும் மற்றொரு அளவிலே பிரச்சினைக்குரிய தீர்வுகளை கண்டுவிட பலர் முயன்று வருகின்றனர். மனித மூளை இயக்கத்தின் சிக்கல்களைக் களையும் பொருட்டு, பிரான்சிஸ் கிரிக் கூறிய 'எளிய' செயல்முறை, என்ன வென்று கண்டறிய முயன்று வருகின்றனர். நினைவாற்றலின் உயிர்வேதியல் மற்றும் நுண்கூறு இணைப்புகளின் ஆராய்ச்சி, பல ஆயவுக் கூடங்களுக்கு ஆர்வமூட்டியுள்ளது. ஆராய்ச்சியாளர்கள் கணிசமான அளவு பணியாற்றியுள்ளனர். நினைவாற்றல் இரகசியம் சற்று மங்கலாக தெரிந்தபோதிலும் இப்பொழுது மெல்ல மெல்ல தெளிவடைந்து வருகிறது!

நினைவாற்றல் கிடங்காகக் கருதப்படுவதற்கு, செல் இயக்க நுட்பம் நிறைவு செய்ய வேண்டிய வரைமுறைகளை, இங்கிலொந்து

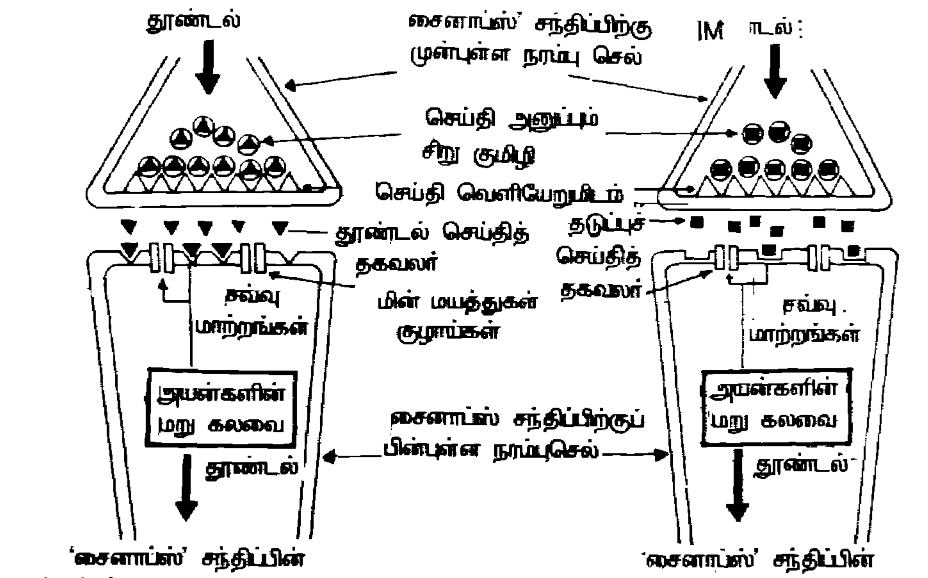
நாட்டிலுள்ள திறந்தவெளிப் பல்கலைக்கழகத்தின், மூளை ஆராய்ச்சிக்குழுவின் தலைமைப் பொறுப்பிலுள்ள ஸ்டீவன் ரோஸ் (Steven Rose) வகுத்துத்தந்துள்ளார். அதன்படி, ஆராயப்படும் செல்களின் இருப்பிடம் கண்டறியப்படவேண்டும். அவற்றின் செயலிழப்பு, கற்றலுக்குத் தடையாக இருக்க வேண்டும். நீண்ட கால நினைவாற்றல் அமைவதற்குத் தேவையான கால அளவும் செல்களின் மாற்றங்கள் ஏற்படுவதற்குத் தேவையான கால அளவும் ஒத்திருக்க வேண்டும். இந்த மாற்றங்கள் திட்டவட்டமாக இருப்பதோடு, கற்பதிலேற்படும் நெருக்கடியுடன் தொடர்பு கொண்டிருக்கக்கூடாது. நினைவாற்றலைத் தடைசெய்யும் ஒரு மருந்து, இந்த மாற்றங்களையும் அழித்துவிடும் தன்மை பெற்றிருக்க வேண்டும். நினைவாற்றலின் இயக்கத்தை எடுத்துக்காட்டும் மின் உடலியக்கப்பதிவுகளோடு, செல்களின் மாற்றங்களும் ஒத்திணைய வேண்டும். இவ்வரைமுறைகள் சற்று கடுமையானவையேயாகும். நரம்புமண்டலத்தின் சிக்கல்களைக் கவனத்தில் கொண்டு பார்க்கும்போது, உயிர்வேதியியல், மின் உடலியங்கியல், இயங்கு முறை ஆகியனவற்றை உள்ளடக்கும் வரைமுறைச் சட்டங்களை நிறைவேற்றுவது சற்று கடினமேயாகும். என்ற போதிலும், நினைவாற்றல் தொடர்பான செல் இணைப்புகளின் ஆராய்ச்சி தொடரவே செய்கிறது!

நினைவாற்றல் சிக்கல் மூட்டத்தைக் கடப்பதற்கு மூன்று முக்கிய வழிகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. முதலாவதாக, முதுகெலும்புப் பிராணிகள் மாதிரிகளாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இம்முறையினால் விளையும் பயன் என்னவென்றால், இப்பிராணிகளின் பரிணாம வளர்ச்சி, மனிதனுடன் நெருங்கிக் காணப்படுவதால், இவற்றை ஒப்பிட்டு நோக்குவது எளிதாகிறது. சிக்கலான நினைவாற்றல் இயக்கங்களை மேற்கொள்வதற்கு பிராணிகளை பயிற்றுவிக்க முடியும். அத்துடன் அவற்றின் இயங்குமுறை, உயிர் வேதியல் தொடர்புகள் ஆகியனவற்றையும் உற்று நோக்க முடியும். எலிகள், சுண்டெலிகள், முயல்கள், குரங்குகள் முதலியன இவ்வாராய்ச்சிகளுக்குப் பயன்படுத்தப்படும் பிராணிகளாகும். இரண்டாவதாக, கண்ணாடிக்குழாயில் (invitro) மேற்கொள்ளப்படும் ஆராய்ச்சிகள். இதில் பிராணியின் குறிப்பிட்ட மூளைப்பகுதி மட்டும் எடுத்துக்கொள்ளப்பட்டு, அப்பகுதி மட்டும் குறிப்பாக ஆராயப்படுகிறது. முதுகெலும்புப் பிராணியின் ஹிப்போகேம்ப்பஸ் பகுதியின் திசுக்கள் இதழ்களாகச் செதுக்கப்பட்டு, வெளியே எடுக்கப்பட்டு, உரிய இரசாயனச்

சூழலில் வைக்கப்பட்டு (suitable medium) செல்களில் தோன்றும் மாற்றங்கள் உற்று நோக்கப்படுகின்றன. மூன்றாவதாக, முதுகெலும்புப் பிராணிகளைத் தவிர்த்து விட்டு முதுகெலும்பற்ற பிராணிகளைப் பயன்படுத்துவதாகும். இப்பிராணிகள், மிகவும் எளிதான நரம்பு மண்டல அமைப்புகளையுடையவை. எனவே இவை அடிப்படை இயக்கத்தை அறிந்துகொள்ள உதவும் சிறந்த மாதிரியாகத் திகழ்கின்றன. மனித நினைவாற்றல் இயக்கத்துடன் ஒப்பிட்டுப் பார்ப்பதற்கு முதுகெலும்பற்ற பிராணிகளின் இயக்க முறையமைப்பு தகுதியற்றது என்று விமர்சிக்கப்பட்ட போதிலும், இப்பிராணிகள் அதிக அளவில் உதவக்கூடியதாகவே உள்ளன. பல்வேறு மூலங்களிலிருந்தும், நேரிடையான, மற்றும் மறை முகமான சான்றுகளிலிருந்தும், ஓர் அமைப்பிலிருந்து மற்றொரு அமைப்பினை ஒப்புநோக்கிப் பெற்ற செய்திகளிலிருந்தும் கடந்த 30 அல்லது 40 ஆண்டுகளில், நினைவாற்றல் எங்ஙனம் தேக்கி வைக்கப்படுகின்றது என்பது பற்றி சேகரிக்கப்பட்ட செய்திகள் குவிந்து கிடக்கின்றன. இச்செய்திக் குவியலிலிருந்து, தொலை நோக்குடைய கிரிக், எடெல்மேன் போன்ற அறிஞர்கள், இறுதி விடையைப் பெற விழைகின்றனர்.

நினைவுகூறும் திறனை மாற்றியமைக்கும் பொருட்டு மூளையின் இரசாயன அமைப்பைத் திருத்தியமைக்க முடியும். இதனுடைய முதல் விஞ்ஞான முயற்சி பற்றி கார்ல் லேஸ்லி 1917இல் குறிப்பிட்டார். இதன் காரணமாகவும், இன்னும் பல காரணங்களுக்காகவும் மூளை இரசாயனத் திட்டப்படம் மிகுந்த ஆர்வத்தைத் தூண்டக்கூடியதாக உள்ளது. உடற்செல்களுடன், இரசாயன அமைப்பைப் பகிர்ந்துகொள்ளும் நரம்பு செல்களில், சில சிறப்பான அணுக்கூறுகள் காணப்படுகின்றன. ஆம், புரதத் தயாரிப்பை மேற்கொள்ளும் தவிர்க்க முடியாத நுண்கருவியான தலையாய அணுக்கூறு டிஎன்ஏ (DNA) டி ஆக்ஸிரைபோ நியூக்லிக் ஆசிட் மற்றும் பெரிய அணுக்கூறுகளை விளக்கும் அமைப்பான ஆர்.என்.ஏ (RNA) ரைபோநியூக்லிக் ஆசிட், இன்னும் நரம்பு செல்களின் பணிகளுக்கு உதவும் எல்லாவித மற்ற அணுக்கூறுகள் முதலியன நரம்பு செல்களில் அமைந்துள்ளன. மிகச் சிறந்த சுவாச இயந்திர அமைப்பும் காணப்படுகிறது. ஏனெனில், நரம்பு இயக்கத்தில் சக்தி பயன்படுத்தப்படுகிறது. மேலும், பிரத்தியேக மாகக் காணப்படும் மற்றொரு அமைப்பு, 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பில் தகவல்களையேந்திச் செல்லும் அணுக்கூறுகளின் வேறுபட்ட பிரிவுகள். இந்த இரசாயனப் பொருட்கள், அதாவது நரம்புத்

தகவலமைப்புகள் (neuro transmitters) மூளையின் பகுதிகளில், ஒரு தெளிவான தோரணையில் அமைந்திருக்கின்றன. மிக மென்மையான பணியைச் செயலாக்குகின்றன. சில நேரங்களில், இயக்கத் தடையை ஏற்படுத்துகின்றன. சமிக்கை பாய்வதைத் தடுத்து விடுகின்றன. இவை சமிக்கையைத் தூண்டவும் வல்லன. இவ்விரண்டு நிலைகளிலும், செயல்முறை ஒன்று போலக் காணப் படுகின்றது. 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பு முன்புள்ள நரம்பு செல்கள் தூண்டப் படுவதால் வெளியேறும் அணுக்கூறுகள். 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பிற்குள் நுழைந்து, 'சைனாப்ஸ் சந்திப்பு' பின்புள்ள நரம்பு செல்களின் சவ்வில் புதைந்துள்ள உரிய 'ஏற்புத் திசு'க்களுடன் இணைந்து கொள்கின்றன (படம் 6.1). மற்றொரு அல்லது இரண்டாவது தகவல் அமைப்புடன் இணைக்கப்பட்ட நரம்புத் தகவலமைப்பு இணைப்பின் விளைவு, 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பு பின்புள்ள நரம்புச் செல் சவ்வினூடே மின்மயத்துகள், மறு முறையும் விநியோகிக்கப்படுவதேயாகும். நரம்புத் தகவலமைப்பு வகை, மற்றும் உட்படும் செல்களைப் பொறுத்து, 'தூண்டப்படும் சைனாப்ஸ் சந்திப்பு மின் அளவு (excitatory synaptic potential) அல்லது 'தடுக்கப்படும் சைனாப்ஸ் சந்திப்பு மின் அளவு' (inhibitory synaptic potential) முதலியனவற்றை இறுதியாகப் பதிவு செய்ய



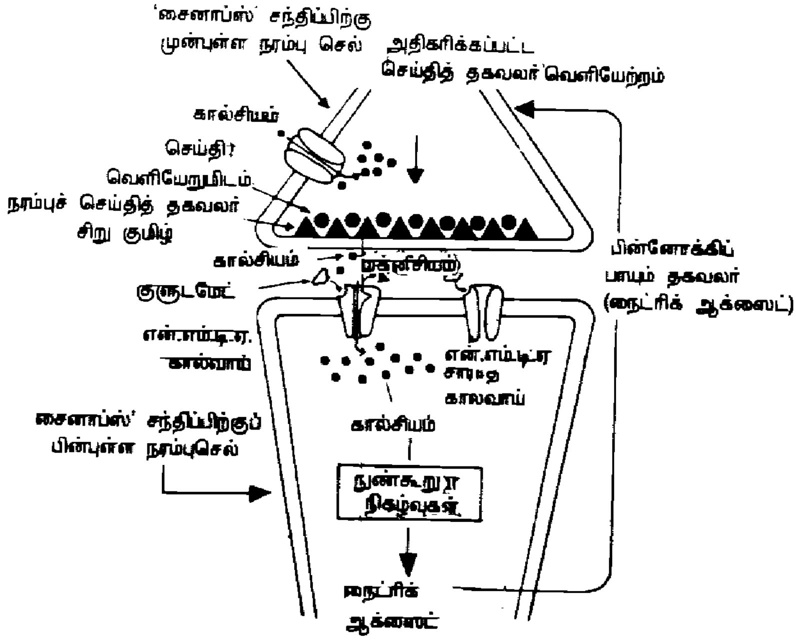
படம் 6.1 : 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பு தூண்டப்பட்ட நிலையில் அல்லது தடுக்கப்பட்ட நிலையில்

முடியும். 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பில் நடைபெற்ற அணுக்கூறு செயல்பாடுகள் அதன் வலிமை பற்றிய இரகசியத்தை புதைத்து வைத்துள்ளன. நினைவாற்றல் அணுக்கூறுகளைத் தேடித்திரியும் வேட்டைக்காரர்களுக்கு, எங்கே அவற்றைத் தேடவேண்டும் என்பது நன்கு புரியும்.

1966இல் லண்டன் நகரைச் சேர்ந்த சி. யமாமோடோ (C. Yamamoto), ஹெச். மெக்ல்வெய்ன் (H. McIlwain) ஆகிய இருவரின் அறிவுத்திறன், நினைவாற்றல் இணைப்புகள் பற்றிய ஆராய்ச்சியில் ஈடுபட்டிருப்பவர்களுக்கு மிகப்பெரிய ஆர்வத்தைத் தூண்டியது. பால்குடிப் பிராணியின் மூளையைத் துண்டித்து, அத்துண்டு தூண்டப்படும்பொழுது, உரிய விளைவுகளைத் தோற்றுவிக்க முடியும் என்பதை இவ்விரண்டு விஞ்ஞானிகளும் நடைமுறையில் செய்து காட்டினார்கள். ஆராய்ச்சியில் ஈடுபடுத்தப் பட்டுள்ள பிராணி கைவிடப்பட்டு, அதன் மூளையின் ஆர்வம் தரும் பகுதி மட்டும் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டு, ஆராய்ச்சிகளுக்குத் தயார் செய்யப் படலாம்; இந்த உயிருள்ள மூளைப்பகுதியின் செல்கள் எல்லா விதமான ஆராய்ச்சிகளுக்கும் உட்படுத்தப்படலாம். இவ்விதமாகப் பிரித்தெடுக்கப்பட்ட ஹிப்போகேம்ப்பஸின் துண்டு ஒன்று மிகவும் பயனுள்ளதாகத் திகழ்ந்தது. செய்திகளை உள்ளே கொண்டு செல்லும் ஹிப்போகேம்ப்பஸ் துண்டிலுள்ள நரம்புக் கற்றை 'உயர் அடுக்குத்தூண்டல்' (high frequency stimulation) மூலம் சில விநாடிகள் தூண்டப்பட்டு, செல்களுக்கிடையே உள்ள இணைப்புகள் வலுப்பெறுவதும், அது பல வாரங்களோ அல்லது மாதங்களோ நீடித்திருப்பதும் செயல் முறையில் செய்து காட்டப் படமுடியும். நீடித்து நிற்கும் இம்மாற்றங்கள், நீண்டகால மின் சக்தியாக, மின் உடலியக்கத்தின் வாயிலாகப் பதிவு செய்யப் படுவதோடு, 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பில் தோன்றும் இரசாயன மாற்றங்களும் வியப்புக்குரியனவாகும். கலிபோர்னியாவைச் சேர்ந்த கேரிலின்ச் (Gary Lynch) மைக்கேல் பௌட்ரி (Michael Baudry) ஆகிய இருவரும் எலிமூளையின் ஹிப்போகேம்ப்பஸ் துண்டைப் பயன்படுத்தி, நினைவாற்றல் அணக்கூறுகளின் அடிப் படையின் ஒரு பகுதியை விளக்கும் சிறந்த சான்றுகளுடன் ஒரு கருத்தை வெளியிட்டார்கள்.

நாம் உணரும் அனுபவங்கள் ஒவ்வொன்றும், கலப்பற்ற இன்பத்துடன் நாம் கவனியாதிருக்கும் அணுக்கூறு நிகழ்வுகளைத் தூண்டுகின்றன. பெருமூளைக்கு வந்துசேரும் உணர்வுகள் ஒன்றிணைந்து, ஹிப்போகேம்ப்பஸ் பகுதியிலுள்ள 'சைனாப்ஸ்'

சந்திப்பு முன்புள்ள நரம்புச் செல்லுக்கு, சமிக்கையாகக் கடைசியில் வந்து சேர்கின்றன. நினைவுகளைத் தேக்கிவைக்க உதவும் ஹிப்போகேம்பஸ் பகுதியிலுள்ள செயல்படும் தகவல் அணுக்கூறு, குளுடமேட் (Glutamate) என்ற புரத அமிலமாகும். அஸ்பார்டேட் (Aspartate) என்ற மற்றொரு பொருளும் குளுடமேட்டுடன் இணைந்து செயல்படக்கூடும். 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பிற்குள் சென்றடையும் நரம்புத் தகவல் அணுக்கூறு 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்புச் சவ்வை இணைக்கிறது. வலுப்பெற்றுள்ள 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பு பின்புள்ள செல்லின் சவ்விலுள்ள குளுடமேட் ஏற்புத்திசுக்களின் எண்ணிக்கையை அதிகரிப்பதை, லின்சும், பௌடரியும் வியத்தகு முறையில் கண்டறிந்தனர் (படம் 6.2). இவ்வெண்ணிக்கை அதிகரிப்பு எவ்விதம் ஏற்படுகிறது என்பதைச் சரியாக அறிந்து கொள்ள முயன்றபோது, இன்னும் பல அணுக்கூறுகள் அதில் ஈடுபட்டிருப்பது தெரிய வந்தது. கால்சியம் நிச்சயமாக 'சைனாப்ஸ் சந்திப்பு பின்புள்ள செல்லுக்குள் நுழைகிறது. புரதங்களில் செயல்படும் மிகவும் முக்கியமான நொதி (enzyme) ஒன்றை செயல்படுமாறு கால்சியம் தூண்டுவதும் தெரியவந்தது. செல்களின் வடிவத்தை நிலைப்படுத்தும் 'சைடோஸ் கெலிடல் புரதங்களை' (cytoskeletal proteins) இந்நொதி மாற்றி விடுகிறது. அதன் விளைவாக, செல்கள் நெருக்கமான புதிய தொடர்புகளை ஏற்படுத்துகின்றன.



படம் 6.2 : நீண்டகால நினைவாற்றலுக்குரிய நுண்கூறு நிகழ்வுகள்

அத்தொடர்புகள் 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பு தகவல் பரிமாற்றங்களை அதிகரிக்கச் செய்கின்றன. செல்லின் உள்ளே விரிவான செயல் முறைகள் நடைபெறுவதற்காக, செல்லின் புறப்பகுதி மாற்றி அமைக்கப்படும்போது, மற்றொரு தவிர்க்க முடியாத நிகழ்ச்சி தொடர்கிறது. இதுவரை மறைந்திருந்த குளுடமேட் ஏற்புத்திசுக்கள், செல்லின் புறப்பகுதியில் தோன்றி, அணுக்கூறுகளின் 'மறு இயக்கத் திற்கு' (action replay) உதவுகின்றன. குளுடமேட் ஏற்புத்திசுக்களை சற்று கவனமாக உற்றுநோக்கினால், இரசாயன நிகழ்ச்சிகளின் மற்றொரு இயல்புநிலை தெரியவரும். ஏற்புத் திசுக்களை இணைக்கும் இரண்டு தன்மைகள் குளுடமேட்டிடம் காணப் படுகிறது. முதலாவது, குளுடமேட்டை மட்டுமின்றி, மற்றொரு இரசாயனப்பொருளான என்.மெதைல் டி-அஸ்பர்டேட் (N-methyle D-aspertate NMDA) என்.எம்.டி.ஏயையும் இணைக்கிறது. இரண்டாவது, என்.எம்.டி.யை இணைப்பதில்லை. ஆனால் குளுடமேட்டை இணைப்பதற்கு வழக்கமாக உதவுகிறது. என்.எம்.டி.ஏயை இணைக்கும் குளுடமேட் ஏற்புத்திசுக்கள், மெக்னீசியம் மின் மையத்துகள்களால் தடுக்கப்படுகின்றன. மேலும், நரம்புத் தகவலமைப்பையும் அவை இணைப்பதில்லை என்ற போதிலும், சில குறிப்பிட்ட சந்தர்ப்பங்களில், குளுடமேட், என்.எம்.டி.ஏ. ஏற்புத்திசுக்களை இணைக்கின்றது. சரியான சூழலைப் பெறுவதற்காக, ஒரே நேரத்தில் பல நிகழ்ச்சிகள் நடை பெற்றாக வேண்டும். கால்சியம் உட்பாய்வு ஏற்படவேண்டும். உடனே குளுடமேட் இணைப்பு தொடரவேண்டும். உடனிணைந்த மின்சார இயக்கம்—அதாவது செல்சவ்வின் மின்காந்த இயக்க அகற்றல், நடைபெற வேண்டும். 'நீண்டகால மின் அழுத்தம்' (long term potentiation) ஹிப்போகேம்ப்பஸ்ஸில் பதியப்படும்பொழுது இந்நிகழ்ச்சிகளனைத்தும் நடைபெறுகின்றன! இதுபோன்ற மின் அழுத்தம், பெருமூளை மற்றும் மூளையின் இதரபாகங்களிலும் ஏற்படுகிறது.

திரும்பத் திரும்பக் கேட்கப்படும் கேள்வியொன்று இப்பொழுது எழுகிறது. கால்சியம் சார்ந்த நிகழ்ச்சிகள் ஒருமுறை தொடங்கப்பட்டுவிடின், பிறகு எவ்விதம் நீண்டகால மின் அழுத்தம் நிலைநிறுத்தப்படுகிறது என்பதேயாகும். இக்கதையில் இன்னும் சற்று பாக்கியிருக்கிறது. குறுகிய கால நினைவாற்றல், நீண்டகால நினைவாற்றலாக கடைசியில் மாற்றம் பெறுவதற்கு நீடித்த மின்அழுத்தம் தேவைப்படுகிறது. நீண்டகால மின் அழுத்தத்தை நிலைப்படுத்துவதற்கு 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பு முன்புள்ள

நரம்பு செல் திரும்பத் திரும்பத் தூண்டப்படவேண்டும். 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பு பின்புள்ள நரம்பு செல்லிலிருந்து, சமிக்கைத் திரும்பிப் பாயவேண்டும். பிளிஸ், அவரது குழு, சால்க் கழகத்தைச் சார்ந்த ஜான் பெக்கெர்ஸ் (John Bekkers) மற்றும் சார்லஸ் ஸ்டீவன்ஸ் (Charles Stevens), ஸ்டான்ஃபோர்ட் நகரைச் சார்ந்த ராபர்டோ மலினோவ் (Roberto Malinow) மற்றும் ரிச்சர்ட் சியன் (Richard Tsien) ஆகியோர், இதுபோன்ற 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பு முன்புள்ள செல்லிலிருந்து புறப்படும் உயர் நரம்புத் தகவல் பற்றிய செய்திகளைக் கூறியுள்ளனர். ஆகவே, 'பின்பாயும் சமிக்கை' (retrograde signal) என்றழைக்கத்தக்க, பின்னோக்கி நகரும் செய்தி அணுக்கூறு பற்றிய ஆராய்ச்சிகள் தொடர்ந்தன.

நரம்பு அனுப்பீட்டுமுறை (neuro transmission)யில் ஓர் புதிய அத்தியாயம் தொடங்கியது. இப்பொழுது, ஒரு சமிக்கை அணுக்கூறு, வாயுவாலானது, களத்தில் நுழைந்தது. அவ்வணுக்கூறு நைட்ரிக் ஆக்ஸைட் வாயுவாகும். இதன் பல்வேறு பணிகள் அறியப்பட்டுள்ளன. அவற்றிலொன்று, நினைவாற்றல் பற்றியது. விஞ்ஞானிகள் தேடித்திரிந்த பின்னோக்கிச் செல்லும் தகவலாளர், இந்த நைட்ரிக் ஆக்ஸைட்தான் என்பதற்குரிய சான்று ஒன்று கிடைத்தது. 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பு முன்புள்ள செல்லிலிருந்து செய்தி வெளியேற்றலை அதிகப்படுத்துவதில் நைட்ரிக் ஆக்ஸைட் ஆற்றும் பணிக்குரிய சான்றை, அமெரிக்கா, பிரான்ஸ் நாட்டிலுள்ள ஆராய்ச்சிக்கூடங்கள் வெளியிட்டன. தூண்டப்பட்ட 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பு பின்புள்ள செல்லிலிருந்து வெளியேற்றப்பட்ட நைட்ரிக் ஆக்ஸைட், இப்பொழுது, 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பு முன்புள்ள செல்லுக்கு பின்னோக்கிப் பாய்ந்து, செய்தி வெளியேற்றத்தை அதிகப்படுத்துகிறது. நைட்ரிக் ஆக்ஸைட் ஆற்றும் இப்பணிக்கு 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பு முன்புள்ள செல் ஏற்கெனவே தூண்டப் பட்டிருக்க வேண்டும் என்ற செய்தி சுவைதருவதாகும். இந்நிகழ்வு உண்மையில் இயக்கம் சார்ந்த சைனாப்ஸ் முன்புள்ள செல்லின் உதவியாலாகும்.

ஹிப்போகேம்ப்பஸ்ஸில் நிகழும் நுண்கூறுகளின் இயக்கங்கள் பற்றிய செய்திகளைத் தெரிந்து கொள்வதோடு, நினைவாற்றலில் இரசாயனக்கதை நிறைவு பெறுவதில்லை. நினைவாற்றல் பணியை நிறைவேற்றுவதில், ஹிப்போகேம்ப்பஸ் தவிர மற்ற மூளைப்பகுதி களும், அவற்றுக்குரிய நரம்பு இரசாயனப் பொருட்களுடன், ஈடுபடுகின்றன. உதாரணமாக, செய்திகளையேந்திச் செல்லும் நரம்பு தகவலாளர், அசிடைல் கொலீன் (acetyl choline) என்ற

இரசாயனப் பொருளும், அதனுடன் இணைந்த தகவல் அணுக் கூறுகளும், நினைவாற்றல், கற்றல் முதலிய செயற்களில் ஈடுபடுத்தப் படுகின்றன. எண்ணிறந்த அணுக்கூறுகள் இணைந்து இயங்கி, நுண்கூறுகள் நிகழ்வுகளின் ஊற்றுப்பெருக்கைத் தூண்டுகின்றன. நரம்புசெல்கள் தூண்டப்படும்போது, 'உதவுதல்' (facilitation), 'சக்தியூட்டல்' (potentiation) என்ற இயக்க முறைகள் மூலம் கொஞ்சநேரம் செய்தியை நிறுத்தி வைத்துக் கொள்கின்றன. இதே போன்ற இரசாயன அமைப்புகளைப் பயன்படுத்தி, செல்கள், அவற்றின் வடிவம், புறச்சவ்வின் கட்டமைப்பு மற்றும் மின்திறன் ஆகியவற்றில் நிரந்தரமான மாற்றம் பெறுகின்றன. இத்தகைய நிரந்தர மாற்றங்களில், புதிய ஆர்.என்.ஏ. (RNA) மற்றும் புதிய புரதக்கூட்டுக்கலவை முதலியன உட்படுவது, வெகு காலமாக அறியப்பட்டுள்ளது. 1969இல் அமெரிக்காவில், அக்ரநாஃப் (P.W. Agranoff) என்பவரும், அவருடைய குழுவினரும், நன்கு திட்டமிட்ட பல ஆராய்ச்சிகளில் மிக எளிதான முறையைப் பின்பற்றினர். கற்றலின் பலவேறு நிலைகளில், புரத உற்பத்தி இயக்கத்தை தடை செய்தனர். இத்தடை குறுகிய கால நினை வாற்றலைப் பாதிக்கவில்லை. ஆனால் நீண்டகால நினைவாற் றலைத் தேக்கி வைப்பதில் பாதிப்பை ஏற்படுத்தியது. ஸ்வீடன் நாட்டினரான ஹெச். ஹைடென் (H. Hyden) என்பவரும், அவரது குழுவினரும் மற்றொரு முறையைக் கையாண்டனர். பயிற்றுவிக் கப்பட்ட பிராணிகளின் மூளைத்திசுக்களின் உயிர் வேதியல் தன்மைகளை (biochemical profile) ஆராய்ந்து, அவற்றை, பயிற்று விக்கப்படாத பிராணிகளின் மூளைத்திசுவுடன் ஒப்பிட்டுப் பார்த்தனர். ஆர்.என்.ஏ (RNA) மற்றும் புரதம் ஆகியவற்றின் குறிப்பிட்ட உற்பத்தி, கற்றலின்போது தூண்டப்படுகிறது என்பது தெரியவந்தது. கற்றலைத் தொடர்ந்து, குறித்த நேரத்தில் புதிய புரதங்களின் உற்பத்தியேற்படுகிறது என்ற இம்முடிவுகள் நன்கு ஒழுங்குபடுத்தப்பட்ட, துல்லியமான செல் இயக்கங்கள் நடைபெறுகின்றன என்பதைக் காட்டுகின்றன. நமது உடலில் உற்பத்தியாகும் புரதங்களின் திட்டப்படம், நமது மரபணுக் களால் (genes)தான் வரையப்படுகிறது. எனவே, சில குறிப்பிட்ட மரபணுக்கள் இயங்குகின்றன. செல்கள் செய்திகளைச் சேகரித்துத் தேக்கி வைக்கும்போது, புதிய புரதங்களை அவை உருவாக்குகின்றன என்பது நன்கு தெரிய வருகிறது. என்ற போதிலும், இத்துடன் இக்காட்சி நிறைவடையவில்லை. இன்னும் நினைவாற்றல் இரகசிய நுண்கூறுகளின் மற்றொரு தோற்றம்

இப்பொழுது வெளிக் கிளம்புகிறது.

மூளைச் செல்களிலுள்ள சில மரபணுக்களின் இயக்கம், நீண்டகால நினைவாற்றலுக்கும் உட்பட்டது என்ற கருத்து ஒரு புதிய ஆவலைக் கிளர்ந்தெழச் செய்கிறது. உடலின் மற்ற பகுதி களிலுள்ள செல்களில், குறிப்பாக, சில தனித்தன்மை வாய்ந்த பணிகளை இயக்கத் தயாராகும்போது ஏற்படுகின்ற வளர்ச்சியின் போது, மரபுச் செல்களில் மாற்றங்களும் அதைத் தொடர்ந்து, புதிய புரத உற்பத்தியும் நடைபெறுகின்றன. உடற்செல்களின் இந்த முதிர்ச்சியைப் போன்று, நரம்பு செல்களும், நினைவாற்றல் அமைக்கப்படும்போது, குறிப்பிட்ட மாற்றங்களுக்கு உட்படுத்தப் படுகின்றன. அப்படியென்றால், நமது மூளையின் மெல்லிய அமைப்பு, எப்பொழுதும் மாறிக்கொண்டேயுள்ளது என்று கருத முடியுமா? நமது 'மனம்' (mind) என்ற சிந்தனைக்குரிய திசுக்கள் அவ்வளவு எளிதாக மாறக்கூடியனவா? நாம் ஒரு புத்தகத்தைப் படிக்கும்போது, ஒரு பாடலை மனனம் செய்யும்போது, ஒன்றைப் பார்க்கும்போது மற்றும் கவனிக்கும்போது, ஒரு செய்தியை மறக்கும்போது, பின்பு, அதனை நினைவுகூறும்போது, மூளைச் செல்கள் இடம் பெயர்கின்றனவா? அல்லது தத்துநடை பயில் கின்றனவா? அல்லது அதற்கு மேலும் ஆட்படுகின்றனவா? இந்த வினாக்களுக்கு 'ஆம்' என்று பதில் தருகிறார் எடெல்மேன். அவர் கூறுகிறார், "நமது பெருமூளையின் வரைபடம் சதா மாறிக் கொண்டேயுள்ளது". நம் ஒவ்வொருவரின் தனித்தன்மைக்கு, இது தான் அடிப்படை என்று அவர் மேலும் கூறக்கூடும்.

7

நினைவாற்றல் மரபணுக்கள்

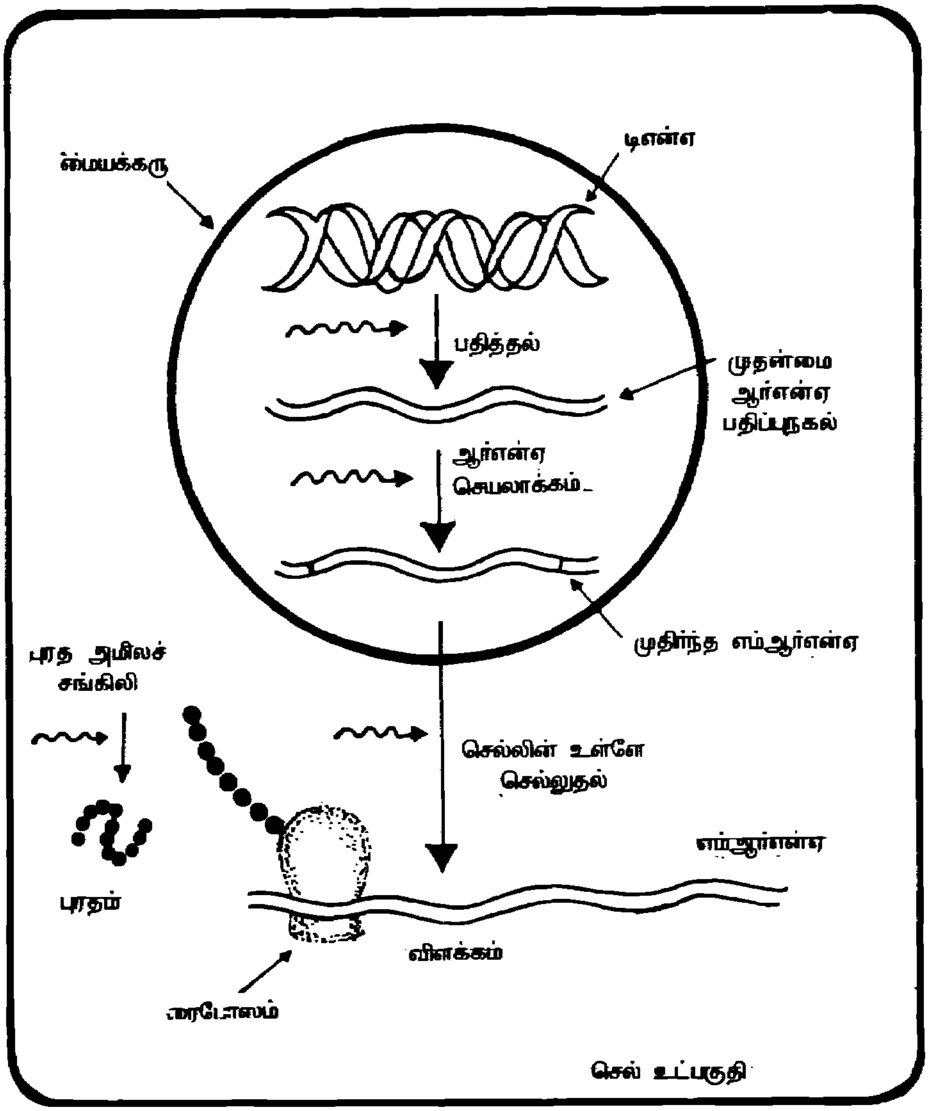
மிகச் சிறிய 'முட்டாள்' ஈ (dunce fly) ஒன்று மிகுந்த பரபரப்பை ஏற்படுத்திக் கொண்டிருந்தது. 'டிரோசோஃபிலா' என்ற இந்த ஈ, மறுபடியும் செய்தியில் இடம் பெற்றது. மரபுவழிப் பண்பியல் அறிஞர்கள் (geneticists), அணுக்கூறு உயிரியல் அறிஞர்கள் (molecular biologists) ஆகியோருக்கு விருப்பமான டிரோசோஃபிலா—ஃப்ரூட் ஃபிளை (fruit fly) நினைவாற்றல், கற்றல் முதலியவற்றின் அணுக்கூறு இரகசியங்களை அறிவதற்கு உதவிக் கொண்டிருந்தது. (படம் XX). உரிய முறையில் கற்பிக்கப்படுவது போன்று சாதாரண ஈக்களுக்கு ஒரு செயல்முறையைக் கற்பித்துவிட முடியும். ஆனால் அவற்றில் சில கற்றுக் கொள்ளத்தவறிவிடுகின்றன. இந்த 'மக்கு' ஈக்கள், இவற்றின் இனத்தைச் சேர்ந்த மற்றவற்றை விட மரபு வழியமைப்பில் வேறுபடுகின்றன. சிதைக்கப்பட்ட நடைமுறை யுடைய 'ம்யூடன்டஸ்' (mutants) மாறுபட்டவை என இந்த ஈக்கள் குறிப்பிடப்படுகின்றன. இந்த ஈக்களைப் பாதிக்கும் மரபுவழி மாற்றம் (mutation) நிரந்தரமானதும், மரபுவழி வருவதுமாகும். ஆகவே, நினைவாற்றல், கற்றல் முதலியவற்றில் மரபுக் கீற்றுகள் ஆற்றும் பணிகளைக் கணிப்பதற்குதவும் சிறந்த ஆராய்ச்சிப் பொருட்களாக இம்'மூடன்ட்ஸ்' திகழ்கின்றன. 'டன்ஸ்' ம்யூடன்ட்ஸ்' (dunce mutants) என அழைக்கப்படும் இவை நினைவாற்றல் ஆராய்ச்சிகளில் ஒரு புதிய அத்தியாயத்தைத் தோற்றுவித்துள்ளன. இவற்றைத்தவிர, இன்னும் பல வகை ஈக்கள் காணப்படுகின்றன. அவை 'அம்னேசிக்ஸ்' (amnesics). 'ரூடாபாகா' (rutabaga) மற்றும் 'டர்னிப்' (turnip) என அழைக்கப்படுகின்றன. ஒவ்வொன்றும் ஒரு குறிப்பிட்ட கற்றல் கோளாறுடனும், சற்று திகைக்க வைக்கும் நினைவாற்றல் புதிருடனும் காணப்படுகிறது.

அனைத்து உயிர் அமைப்புகளும் உயிர்வேதியலை இயக்கும் பிரதான அணுக்கூறுகளைப் பெற்றுள்ளன. நூல் போன்ற

பகுதிகளையுடைய இந்த அணுக்கூறுகள் புரதங்களுடன் இணைந்து, இனக்கீற்று கம்பியிழை (chromosomes)களாக, உருப் பெருக்கியில் பார்க்கும்போது தெரிகின்றன. ஒவ்வொரு பிரதான அணுக்கூறுவிலும் சர்க்கரை பாஸ்பேஸ்ட் (sugar phosphate) பொருளினாலான முதுகுத்தண்டு காணப்படுகிறது. இத்தண்டு, ஒவ்வொன்றும், வரிசையிலான உலோக உப்புகளை (sequence of bases) ஏந்திக் கொள்கிறது. மையக் கரு அமைந்துள்ள உயிர்ப் பொருள்களிலும் காணப்படுகிற டிஎன்ஏ (DNA)-டி ஆக்ஸிரைபோ நியூக்லிக் ஆசிட்-இன் முருக்கிழைதான் இந்த அணுக்கூறாகும். இரண்டு திருகு சுழலாக (double helix) சுற்றப்பட்ட இவ்வணுக்கூறு, உயிர்ப்பொருளில் உற்பத்தியாகும் அனைத்துப் புரதங்களுக்கு வழிகாட்டும் குறிப்புகளைப் பெற்றிருக்கிறது (படம் 7.1).

கடைசியாக, இயங்கும் புரதம் என மாற்றியமைக்கவல்ல குறியீட்டை ஏந்தியுள்ள டிஎன்ஏயின் ஒரு துண்டு, 'மரபணு' (gene) என்றழைக்கப்படுகிறது. மனிதர்களிடம் 1,00,000க்கும் மேலாக மரபணுக்கள் இருப்பதாகக் கருதப்படுகிறது! சில மரபணுக்கள், மற்ற பல மரபணுக்களை ஒழுங்குபடுத்தும் பொருட்களை உற்பத்தி செய்கின்றன. இவை ஒழுங்குபடுத்தும் மரபணுக்களாகும். உடல் வளர்ச்சியின்போது, இவை மிக முக்கியப் பணியாற்றுகின்றன. ஒரு சிறுநீரகச் செல், மூளைச் செல்லைவிட்டும் மாறுபட்டதாகும். ஏனெனில், செல்லின் தன்மையைப் பொறுத்து, அது புரதங்களை பிரத்தியேகமாக உற்பத்தி செய்து கொள்கிறது. பொதுவான முட்டைச் செல்லிலிருந்து சிறுநீரகச் செல் பிரிந்து, அமைப்பிலும், பணியிலும் தனித்தன்மை பெற்றுவிடுகிறது. ஏனெனில், இச்செல், சில மரபணுக்களைத் 'தூண்டவும்', (switch on) மற்ற சில மரபணுக் களை 'அணைத்துவிடவும்' (switch off) செய்கிறது. மிகவும் தீவிரமான இப்பணியை ஒழுங்குபடுத்தும் மரபணுக்கள் மேற் பார்வையிடுகின்றன. இதற்குரிய கட்டளைகளை, வளரும் உயிர்ப் பொருளின் சிறிய சூழலிலிருந்து (micro environment) பெற்றுக் கொள்கின்றன. உடற்செல்கள் ஒவ்வொன்றும் உரிய பணியை பிறகு எடுத்துக்கொள்கின்றன. ஆகவே ஒழுங்குபடுத்தும் மரபணுக் கள், முதன்மை இடத்தைத் தொடர்ந்து வைத்துக் கொள்கின்றன. இச்சிக்கலான மரபணுகளின் இணைப்பு, அவற்றின் உற்பத்திப் பொருள், அவற்றை இயக்குவன ஆகியவற்றில், நினைவாற்றல் தடயங்களைத் தேடுபவர்கள் துணிந்து செயல்படுகின்றனர். இப்பணி எளிதானதன்று. அதனை விளக்குவதில், குறிப்பாக மனிதனின் புரிந்துகொள்ளும் பணியை விளக்குவதில் அதிகக்

ஒரு செல்



இந்நிலைகளில் புரத உற்பத்தி ஒழுங்குபடுத்தப்படுகிறது!

படம் 7.1 : டிஎன்ஏ பிரதான அணுக்கூறு, செல்லின் புரத உற்பத்திக்கு பொறுப்பாக உள்ளது.

கவனம் தேவைப்படுகிறது. ஏனெனில், எல்லாமே, மரபணுக்களில் காணப்படுவதில்லை.

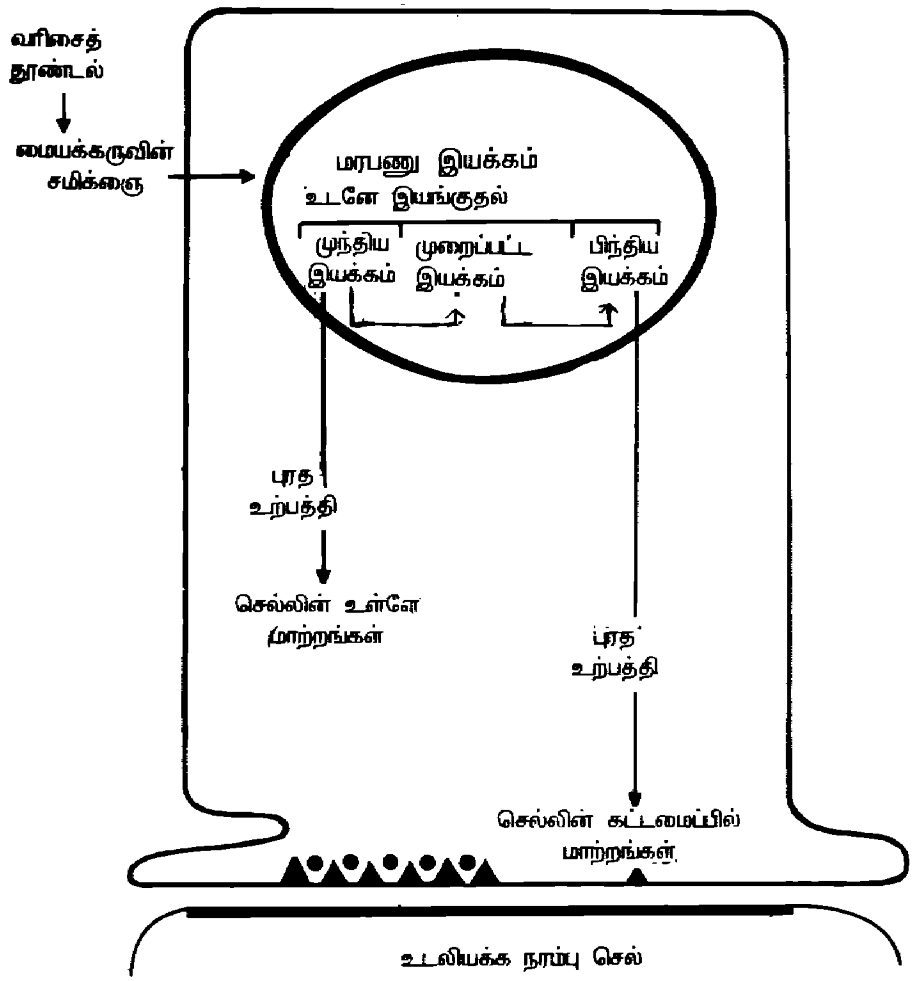
சில மரபணுக்கள், நினைவாற்றலில் ஈடுபடக்கூடும் என எதிர்பார்ப்பதற்குரிய அடிப்படைக் காரணம் பல்வேறு பிராணி களைப் பயன்படுத்தி, அதன்மூலம் கிடைத்த செய்திகளேயாகும். புரத உற்பத்தியைத் தடுத்துவிடும் இரசாயனப் பொருட்கள்,

அதாவது, மரபணுவை, அதன் உற்பத்திப் பொருளில் பாதிக்கும் செயல்முறைகள், நீண்டகால நினைவாற்றலுக்கு குறுக்கீடாக உள்ளன. குறுகிய கால நினைவாற்றலுக்கு புரத உற்பத்தி தேவை யில்லை. ஆனால் நீண்டகால நினைவாற்றல் ஏற்படுவதற்காக, செய்திகள் ஒன்றுபடுத்தப்படுவதற்கு, புரத உற்பத்தி இன்றியமை யாதது. கற்றல் நடந்து முடிந்துவிட்டவுடன், சிறிதுகாலம் கடந்த பின்பு, புரத உற்பத்திக்கு தடையேற்படுத்தினால், நினைவுகளை நீண்டகாலத்திற்கு தேக்கி வைப்பதில் எவ்வித கேடும் நிகழ்வ தில்லை என்பது சுவையான செய்தி. கற்றல் முடிவடைவதைத் தொடர்ந்து ஒரு கால இடைவெளி காணப்படுகிறது. அப்பொழுது, நீண்ட கால நினைவாற்றல் தேக்கி வைக்கப்படுவதற்கு உதவுவதற் காக இடையூறின்றி, புரத உற்பத்தி தொடர்வதற்கு அனுமதிக்கப் படவேண்டும். மனித நினைவாற்றலுக்கு இது போன்ற ஒரு குறிப்பிட்ட புரத உற்பத்தி நடைபெறுவதற்கான நேரடிச் சான்று கிடைக்கவில்லை என்ற போதிலும், நீண்ட கால கற்றலுக்கு, இடையூறில்லாத காலம் தேவைப்படுகிறது என்பது நன்கு தெரிய வருகிறது. மருத்துவ அமைப்பில் பார்க்கும்போது, ஓர் அனுபவத் தைத் தொடர்ந்து வலிப்பு அல்லது காயம் ஏற்படும்போது, அனுபவத்தின் நினைவு மறைந்துவிடுகிறது. இதனடிப்படையில் மேற்கொள்ளப்பட்ட ஆராய்ச்சி, புரத உற்பத்தியாற்றும் சரியான பணியை குறிப்பிட்டுக் காட்டவில்லை. நரம்பு மண்டலம், பல நிலைகளில் ஆராயப்பட வேண்டும். நினைவாற்றல் தடயங்களை வைத்திருக்கும் நரம்புச் சுழல் கண்டுபிடிக்கப்படவேண்டும். அதன் புரத உற்பத்தி அமைப்பு கணிக்கப்படவேண்டும்.

மனிதர்களின் நரம்புச் சுழல்களைப் பற்றி அறிந்துகொள்ள விழைவது மிகக் கடினமான செயல்மட்டுமன்று. பல இக்கட்டு களும் அதில் உள்ளன என்பது வெளிப்படையே. அதன் காரண மாக, நரம்பியல் உயிரியல் அறிஞர்கள், சற்று எளிமையான, நத்தை, புழு, ஈ முதலிய முதுகெலும்பற்ற பிராணிகளின் அமைப்பைத் தேர்ந்தெடுத்துக் கொண்டனர். கடல் நத்தை-அப்ளைசியா, நினைவாற்றல் செயல்பாடுகளைப் பற்றிய அணுக்கூறு விபரங் களைத்தரும் ஒரு முன்னோடி மட்டுமல்ல, நீண்டகால நினை வாற்றல் அமையும்போது உற்பத்தியாகும் புதிய மரபுக்கீற்றுப் பொருள்களாற்றும் பணியைப் பற்றிய குறிப்புகளையும் வழங்குகிறது. நினைவாற்றல் தடயத்திற்கு உட்படும் நரம்பு செல்களின் வடிவமைப்பின் தெளிவான மாற்றங்கள், இப்பிராணி களின் நீண்டகாலத் தேக்கி வைத்தலைப் பின்தொடர்கின்றன.

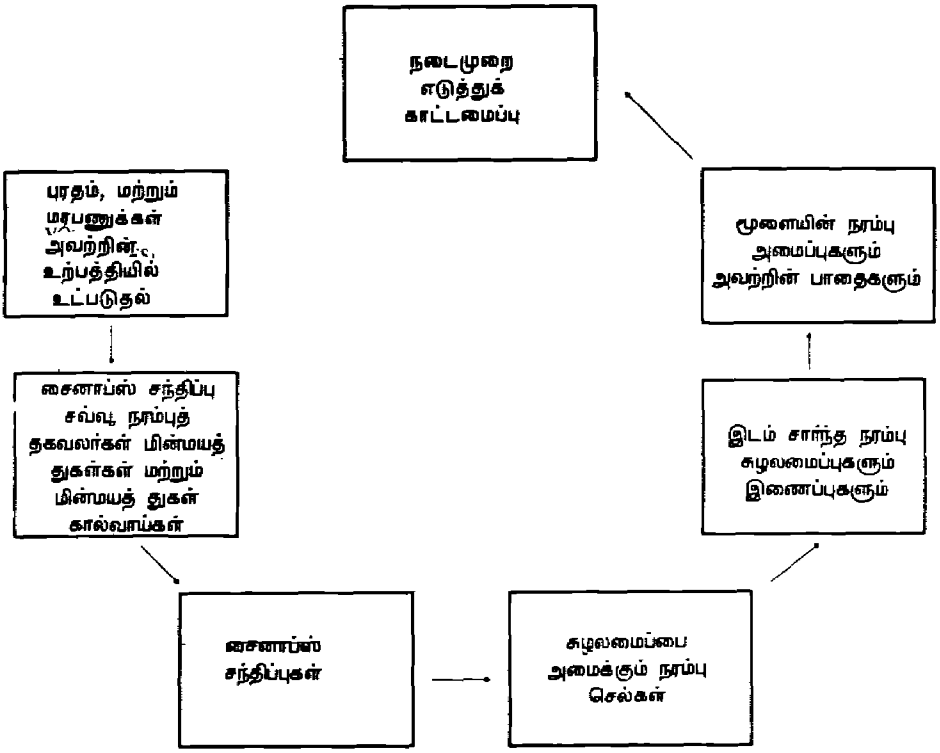
பயிற்றுவிக்கப்பட்ட பிராணிகளின் நரம்பு செல்களின் கடைக்கோடி முனைகளைக் உற்று நோக்கினால், கூடுதலான கிளைகள் வளர்வது தெரியவரும். பயிற்றுவிக்கப்படாத ஆராய்ச்சிப்பிராணியுடன் இணைந்து கற்கும் பயிற்றுவிக்கப்பட்ட பிராணியை ஒப்புநோக்கினால், பின்னதில், இரண்டு மடங்கு அதிக அளவில் நரம்பு செல்களின் கடைக்கோடி முனைக் கிளைகள் காணப்படும். மேலும், 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பிலுள்ள செல்லின் புறச்சவ்வில், கூடுதலாக இயங்கும் பகுதிகள் (active zones) காணப்படுகின்றன. இப்பகுதிகள், மிகச்சுலபமாகச் செய்திகளை வெளியே அனுப்பும் தன்மை பெற்றவை. செல்வடிவ அமைப்பில் காணப்படும் இத்தகைய வெளிப்படையான மாற்றங்கள், செல்லின் புரதத் தயாரிப்புக் கருவி இயக்கப்பட்டால்தான் ஏற்பட முடியும். ஏற்கெனவே உள்ள புரதத்தை மாற்றியமைக்கவோ அல்லது புதிய புரதத்தை உற்பத்தி செய்யவோ உதவக்கூடிய நன்கு ஒழுங்குபடுத்தப்பட்ட கீற்றுகளின் இயக்கம் மட்டுமே, இம்மாற்றங்களைத் தோற்றுவிக்க முடியும்.

மரபுக் கீற்றுகளின் இயக்கம், அதனைத் தொடர்ந்த அணுக் கூறுகளின் அடுக்கு (molecular Cascade) ஆகியவற்றின் சான்றுகள் சிறுசிறுதுண்டுகளாக கிடைத்துள்ளன. குறுகிய மற்றும் நீண்டகால நினைவாற்றலில், எங்ஙனம் மரபுக்கீற்றுகள் உள்ளாகின்றன என்பதன் மாதிரியை, எரிக் கண்டெலும் அவரது குழுவினரும் குறிப்பிட்டனர். முதுகெலும்பற்ற பிராணிகளில் கண்டறியப்பட்ட செய்திகளுடன் கண்டெல் குழுவின் முடிவு சரியாகப் பொருந்துகிறது. இச்செய்திகள், முதுகெலும்புப் பிராணிகளின் அமைப்புடனும் ஒரு வேளை பொருந்தத்தக்கனவே. 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பின் கோடிமுனை சற்றுநேரம் தூண்டப்படும்போது, சமிக்கையை ஏற்கும் செல்லுடன் இணையும் நரம்பு வழிசெய்தியமைப்பு, தற்காலிக மாற்றத்தை ஏற்படுத்துகிறது, என்று எரிக் கெண்டல் குழுவினரின் மாதிரி குறிப்பிடுகிறது. இம்மாற்றங்கள் புதிய புரத உற்பத்தியைத் தோற்றுவிப்பதில்லை. ஆனால், ஏற்கெனவே உள்ள புரதத்தில் மாற்றங்களுக்குக் காரணமாக உள்ளன. இதுபோன்ற செல்களின் மாற்றங்கள், குறுகிய கால நினைவாற்றலில் காணப்படுகின்றன. இதற்கு மாறாக, நரம்புச் செல் திரும்பத் திரும்ப வலுவுடன் தூண்டப்படும்போது, அலையலையாக மரபணுக்களின் வரிசையான இயக்கம் ஏற்படுகிறது (படம் 7.2). புரதத்தின் முதல் உற்பத்தி, முதலாகவுள்ள மரபணுக்களில் தொடங்கப் படுகிறது. இம்மரபணுக்களின் உற்பத்திப் பொருட்கள், அதிக



படம் 7.2 : அணுக்கூறு நிகழ்வுகளில் சிதறலைத் தோற்றுவிக்கும் செயல்திறமுடைய மரபணுக்களின் வரிசைத் தூண்டல்

அளவு 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பு இயக்கத்துடன் தொடர்புள்ள செல்களில் மாற்றங்களை ஏற்படுத்துவது மட்டுமல்லாமல், மரபணுக்களின் இரண்டாவது வகையினை இயக்கும் பொருட்களை ஏற்படுத்துகின்றன. இரண்டாவது வகை மரபணுக்கள், ஒழுங்குபடுத்தும் தன்மையுடையனவாகக் கருதப்படுகிறது. இவ்வகை மரபணுக்கள், பொருட்களை உற்பத்தி செய்கின்றன. இப்பொருட்கள், மூன்றாம் வகை மரபணுக்களை தூண்டுகின்றன. இவை 'பிந்திய மரபணுக்கள்' (late genes) என அழைக்கப் படுகின்றன. இம்மரபணுக்கள் உற்பத்தி செய்யும் புரதம், செல்லின் கட்டமைப்பை மாற்றி, நீண்டகால நினைவாற்றலை தக்கவைக்கப்



படம் 7.3 : நரம்பு மண்டல அமைப்பின் பல நிலைகள்

விளக்குவதென்றால், நினைவாற்றலை, அதன் வடிவமைப்பில், மூளையின் ஒரு பகுதியின் அணுக்கூறு, செல், நரம்புக்கூட்டுகள் ஆகியவற்றின் அளவில் தேடிக் கண்டுபிடிக்க முடியும். பணியின் அடிப்படையில் பார்த்தால், நினைவாற்றல் ஒவ்வொரு நிலையிலும், அதற்குரிய சட்டங்களுக்குட்பட்டு இயங்குகிறது. அதன்விளைவு, பணிகளின் ஒட்டுமொத்த அளவைக்காட்டிலும் அதிக அளவில் ஆனதாகும். ஒவ்வொரு நிலையிலும், செய்தி, மற்றும் அது கையாளப்படும் முறை ஆகியவற்றில் பண்பு சார்ந்த மாற்றம் காணப்படுகிறது. அதாவது, மின் அழுத்த சக்தி நிறைந்த 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பின் இணைப்பு, நினைவாற்றல் பணியில் முக்கியப் பங்கு வகிக்கிறது. ஆனால், அதனால் இணைக்கப்பட்ட நரம்புக்கூட்டின் நினைவாற்றல் பணியை நிர்ணயிக்கப் போதுமானதாக இல்லை. அதுபோல, நினைவாற்றலுக்குத் தேவையான பல முக்கிய மரபணுக்கள் உள்ளன. ஆனால் ஒருவரின் வலுவிழந்த நினைவாற்றல் பணி, மரபணுக்களில் இல்லை. உலகின் தலைசிறந்த மரபு வழி பண்பியலறிஞர் லூவான்டைன் (Lewontine) மனித வாழ்வில், மரபணுக்களாற்றும் பணியை, மிக அழகாக விளக்கு

கிறார். "நரம்பு மண்டல அமைப்பின் தெளிவான வடிவம், கட்டமைப்பு மற்றும் அவ்வமைப்பின் ஒரு பகுதியான உணர்வு நிலை முதலியவற்றை நிர்ணயிப்பதற்குப் போதுமான மரபணுக்கள் இல்லை. என்றபோதிலும் இந்த உணர்வுநிலையே வருங்காலத்தின் சூழல், அதன் வரலாறு, அது செல்ல வேண்டிய திசை ஆகியவற்றைத் தோற்றுவிக்கிறது". நமது நினைவாற்றல்கள், நம்மிடம் புதைந்துள்ள நமது சரித்திரத்தின் துண்டுகளேயாகும். அவை மரபுக் கீற்றுகளால் மட்டும் உருவாக்கப்படுவதில்லை. ஆனால் நாம் வழங்கும் சூழலும் அதற்கு உதவுகிறது.

8

நினைவாற்றல் இழப்பு (மறதி)

"டாம் சாயர் மிக்க செருக்குடன் கூடிய நம்பிக்கையுடன முன்வந்து, தணிக்க முடியாத, அழிக்க முடியாத 'விடுதலை அல்லது வீரமரணம்' என்ற அறைகூவலுடன், கைகளை ஆட்டி பேச்சைத் தொடங்கியவர், பாதியிலேயே பேச்சைத் தொடரமுடியாமல் தடுமாறினார்". நாம் அடிக்கடி காணும் இதுபோன்ற நிகழ்ச்சியை, மார்க் ட்வெயின் (Mark Twain) படம் பிடித்துக் காட்டுகிறார். 'விபத்துக்'குள்ளாகும் நம்மில் சிலருக்கு, நாவன்மைப் போட்டிகள், 'மறக்க முடியாத' அனுபவங்களாகும். மேடையேறியதும், பயத்தால் வார்த்தைகள் வெளிவராமல் தொண்டையில் அடைத்துக் கொள்கின்றன. பேச்சைக் கேட்கக் கூடியுள்ளவர்களின் பரிவு, முழுமையாக பேச்சாளருக்கு உண்டு. ஆனால், அது எவ்விதத்திலும் ஆறுதல் தருவதில்லை. பள்ளிப்பருவத்தில் ஏற்பட்ட இதுபோன்ற தடுமாற்றங்கள் பல ஆண்டுகளுக்குப் பின் நகைப்பைத் தர வல்லவை என்றாலும், அன்று ஏற்பட்ட மறதி-நினைவாற்றல் இழப்பு, வருத்தவே செய்கிறது. மறதி அதாவது, நினைவுக்கீற்றுகளின் தற்காலிக அல்லது நிரந்தர மறைவு, நினைவாற்றலைப் போலவே சுவையானதாகவும், முக்கியமானதாக உள்ளது.

18ஆம் நூற்றாண்டின் பிற்பகுதியில், வில்லியம் ஜேம்ஸ் (William James) என்பவர், நினைவுகொள்வது திரும்ப அமைக்கப்படும் ஒரு செயல்முறை என்றும், அதற்கு நிகழ்காலத்திலிருந்து வழி காட்டும் குறிப்புகள் தேவைப்படுகின்றன என்றும் எடுத்துக் கூறினார். பல ஆண்டுகளுக்குப்பின்பு மேற்கொள்ளப்பட்ட நினைவாற்றல் சோதனைகள் இக்கருத்தை ஆதரித்தன. வார்த்தைப் பட்டியல் கொடுக்கப்பட்டு, அதிலுள்ள வார்த்தைகளை நினைவு கூருமாறு, வழிகாட்டிக் குறிப்புகள் கொடுக்கப்படாத நபர்கள் சோதனைக்கு உட்படுத்தப்பட்டார்கள். நினைவுக்குரிய வார்த்தைகளின் சதவிகிதம் கணக்கிடப்பட்டது. குறிப்புகள் கொடுக்கப்

பட்டவர்களுடன் ஒப்பிடும்போது முன்னவர்களின் சதவிகிதம் மிகக் குறைவாகவே இருந்தது. ஒன்றை அடையாளம் காட்டுவது, நினைவாற்றலை வெளிப்படுத்தும் மிக முக்கிய செயலாகும். ஒரு வினாவிற்குரிய சரியான விடையை நினைவில் கொண்டுவர முடியாமல் போகலாம். ஆனால், அது நேரில் காட்டப்பட்டவுடன், உடனே நினைவிற்கு வந்துவிடுகிறது. சில நேரங்களில், ஒருவருக்கு முழு இழப்பு ஏற்பட்டுவிடுகிறது. நினைவுகூர முடியாமலும், அடையாளம் காண முடியாமலும், நினைவிலிருந்து முற்றிலும் அழிக்கப்பட்டு, தூண்டுதல் எவ்வித பயனுமற்றுப் போய்விடுகிறது.

மறதி பற்றிய விஞ்ஞான விளக்கத்தை முதலில் வழங்கியவர் ஹெர்மன் எப்பிங்கௌஸ் என்பவர். அவர் மட்டும் தனியாக, நன்கு திட்டமிட்ட பல சோதனைகளை மேற்கொண்டார். அவர், தனனையே கருவியாகப் பயன்படுத்தி, நினைவுகூர்வதற்கு எவ்வித வெளித்தூண்டுதலும் ஏற்படாவண்ணம் மிகக் கவனமாக ஆராய்ச்சிகளை நடத்தினார். 1885ஆம் ஆண்டு, 'ஆன் மெமரி' (On Memory) என்ற நினைவாற்றல் பற்றிய நூலை வெளியிட்டார். மறதியைச் சோதிப்பதற்கு, பொருள் ஏதுமற்ற 2300 வார்த்தை களைத் தயாரித்தார். குறிப்பிட்டு உணர்த்த முடியாத மெய்யெழுத்து-உயிரெழுத்து வரிசையிலான வார்த்தைகள் பட்டியலைத் தயாரித்தார். அவை லுன் (LUN), ஷிவ் (ZIV), வெக் (WEK) போன்ற பொருளற்ற பெரிய, சிறிய வார்த்தைகள் நிறைந்த பட்டியலாகும். எப்பிங்கௌஸ், குறிப்பிட்ட வார்த்தைகளின் உச்சரிப்பு ஒலியைக் கற்றுக்கொண்ட பின்பு, அவற்றைச் சரியாக நினைவுகூரத்தேவைப்படும் முயற்சிகளின் எண்ணிக்கையை கணக்கிட்டுக் கொண்டார். சில மணி நேரம் முதல் சில நாட்கள் வரை தாமதித்த பின்பு, பட்டியலில் காணப்படும் வார்த்தை களைச் சாரியாக நினைவுகூரும் இரண்டாவது முயற்சி மேற் கொள்ளப்பட்டது. வார்த்தைப் பட்டியலைக் கற்றுக்கொள்வதற்கு, சில முயற்சிகள் தேவைப்பட்டன. இரண்டாவது முறையாகக் கற்றுக் கொள்ளத் தேவைப்பட்ட முயற்சிகள், முதல் தடவையைக் காட்டிலும் எண்ணிக்கையில் குறைந்தே காணப்பட்டன. இந்த எண்ணிக்கை வேறுபாடு, மறதியின் அளவாக (Index of forgetting) எடுத்துக்கொள்ளப்பட்டது. ஒரு நாள் கழிந்த பின்பு, நினைவுகூர முடிந்த, பொருளற்ற வார்த்தைகளின் சதவிகிதம் என்ன என்பதைக் கண்டறிதலும் மறதியின் அளவைக் காட்டுவதேயாகும். இச் சோதனைகளின் முடிவுகள் மிகத் தெளிவாக இருந்தன. எப்பிங் கௌஸ், வார்த்தைகளை நினைவில் ஏற்றிக்கொண்ட பின்பு, 19

நிமிடங்கள் கழித்து, 58 சதவிகித வார்த்தைகளை மட்டுமே நினைவில் வைத்துக் கொள்ள முடிந்தது. என்றாலும், சற்று பின்பு, குறைந்த அளவு மறதியே ஏற்பட்டது. இச்சோதனைகளுக்குப் பின்பு, நினைவில் கொண்ட பெரும்பாலான வார்த்தைகளை மீண்டும் நினைவுகூரத்தக்க பொது அனுபவம் வலுப்படுத்தப் படுதல், நினைவாற்றல் சோதனைக்குரிய முன்னோடியாக அமைந்துவிட்டது.

'மறதி ஏற்படுவதற்கு என்ன காரணம்?' என்ற வினா, அடிக்கடி எழுகிறது. நரம்பியல் உயிரியல் அறிஞர்கள், செல்களின் அளவிலும், அணுக்கூறுகளின் அளவிலும் என்ன ஏற்படுகிறது என்பது பற்றி அதிகம் சொல்ல இயலவில்லை. என்றாலும் மனிதப் பண்பான்மை ஆய்வறிஞர்கள் (Ethologists), மறதி பற்றிய விளக்கங் களை கொள்கையளவில் தந்து கொண்டுதான் இருக்கின்றனர். இந்த நூற்றாண்டின் ஆரம்பத்தில், இஎல். தார்ன்டைக் (E.L. Thorndike) என்பவர் காலம் செல்லச் செல்ல, நினைவாற்றல்கள் மெள்ள மெள்ள மறைந்துவிடுகின்றன என்று குறிப்பிட்டார். ஊற்றிவைத்த தண்ணீர் ஓட்டையுள்ள பாத்திரத்திலிருந்து ஒழுகி விடுவதுபோல, நமது நினைவாற்றலும் கொஞ்சம் கொஞ்சமாக மறைந்து விடுகிறது. இக்கருத்து, குறிப்பாக, மறைந்துவிடும் மறதி பற்றி சரியான விளக்கம் தரவில்லையென்பதால், மிகக் கடுமையாக விமரிசிக்கப்பட்டது. மறதி 'இயற்கை'யாகவே ஏற்படுகிறது என்று மட்டுமே இக்கருத்து குறிப்பிடுகிறது. ஜெ.எ. மெக்கியாக் (J.A. Megeoch) என்பவர், 'குறுக்கீட்டுக் கொள்கை' (Theory of Interference) என்பதை வெளியிட்டார். மறதி ஏற்படுவதற்குக் காரணம், கற்றல் தரும் புதிய செய்திகள், ஏற்கெனவேயுள்ள செய்திகளில் குறுக்கிடுகின்றன என்ற கருத்தைக் கூறினார். நமது நினைவுகளில், அதிக அளவு, ஏற்கெனவே உள்ளவற்றுடன் இணைந்தே காணப் படுகின்றன. புதிய செய்தியொன்றைத் தெரிந்துகொள்ளும்போது, அது நினைவு கொள்ளும் திறனுடன் தொடர்பை ஏற்படுத்திக் கொள்கிறது. இத்தொடர்பு, ஏற்கெனவே உள்ள செய்தியுடன் இணைந்து கொள்கிறது. அதாவது, ஒரு பொதுக்கூறு, பல செய்திகளை நினைவுகூருவதற்கு வழிகாட்டும் குறிப்புகளை தன்னிடம் வைத்துள்ளது. இது போன்ற சந்தர்ப்பத்தில், மறதி ஏற்படும் வாய்ப்புகள் உண்டு. நமது அன்றாட வாழ்வில் இது போன்ற குறுக்கீடுகளைக் காணமுடியும். ஒரு சந்திப்பின்போது நமது நண்பர் ஒரு புதியவரை அறிமுகப்படுத்தினால், அப்புதிய மனிதர் நமது நண்பருடன் இணைத்தே நினைவு கொள்ளப்

படுகிறார். மேலும் பல புதிய மனிதர்களை, நமது நண்பர் சில நாட்களுக்குப் பின்பு அறிமுகம் செய்தால், அவர்கள் எல்லாரையும் நினைவில் வைத்துக்கொள்வது கடினமாகும். இரண்டு வகையான குறுக்கீடுகளின் காரணமாக நினைவுகூர்தல் முடியாமல் போய் விடுகிறது என்று மேலும் ஒரு கருத்தை 'குறுக்கீட்டுக்கொள்கை' கூறுகிறது. உறவினர் ஒருவரின் முகவரி மிக எளிதாக மறந்து விடுகிறது ஏனெனில், பழைய முகவரியின் நினைவு குறுக்கிடுகிறது. உளவியல் அறிஞர்கள் இதனை இயக்கம் சார்ந்த (proactive) குறுக்கீடு என அழைக்கின்றனர். அதற்கு மாறாக, ஏற்கெனவே கற்று நினைவில் நிற்கும் செய்தியை, பின்பு கற்கும் செய்தி குறுக்கிட்டுச் சிதைப்பதை 'பின்னோக்கி செயல்படுகிற குறுக்கீடு' (retroactive) என அழைக்கின்றனர். புதிய தொலைபேசி எண் நினைவில் பதிந்தவுடன், பழைய எண் எளிதாக நினைவிலிருந்து மறைந்து விடுகிறது. இணைந்த செயல்களை உட்படுத்தி நினைவாற்றல் சோதனைகள் மேற்கொள்ளப்பட்டபோது, இக்கொள்கைக்கு சோதனையின் அடிப்படையில் ஆதரவு கிடைத்தது. என்றாலும் இக்கருத்து அவ்வளவு எளிமையானதன்று, ஏனெனில், நினைவாற்றலும், மறதியும், வெறுமனே கையாளப்படும் இணைப்புகள் அன்று. மேலும், நன்கு இணைந்த செய்தியை நாம் மறக்கவே செய்கிறோம்.

உணர்தல், அதைத்தொடர்ந்து நினைவில் நிறுத்தல், பிறகு நினைவுகூர்தல் ஆகிய மூன்று செயல்களும், நாம் மறந்துவிடாமல் இருப்பதற்கு இன்றியமையாதவை. நினைவாற்றல்கள் முதலில் எவ்விதம் ஆக்கப்படுகின்றன என்பது மிக முக்கியமாகும். புதிய செய்திகளைக் கற்றுக்கொள்ள வேண்டும் என்ற உணர்வுடன் மேற்கொள்ளப்படும் முயற்சி மட்டுமே வலுவான நினைவாற்றல் களைத் தோற்றுவிக்கப் போதுமானதாக இருப்பதில்லை. இதற்கு மேலும் கொஞ்சம் தேவைப்படுகிறது. ஒரு விஷயத்தை மனதில் கொள்வதில் ஏற்படும் உண்மையான ஆர்வமும், நமது வாழ்வில் அதன் பொருத்தமும், அக்கருத்தை நினைவில் கொள்வதில் மிக முக்கியப் பங்கு வகிக்கின்றன.

நமது கிரிக்கெட் அணி உலகக் கோப்பையை வென்றபோது எடுத்த ஓட்டங்களின் எண்ணிக்கை ரசிகர்களின் நினைவைவிட்டு அகலுவதில்லை. ஆனால் அவர்களில் பெரும்பாலோர், ஒரு வாரத்திற்கு முன்பு கற்ற பூகோளப் பாடத்தை மறந்து விடுகின்றனர். நல்ல நினைவாற்றலுக்குத் தேவையான தவிர்க்க முடியாத மற்றொரு காரணக்கூறு கவனம். கவனமாற்றத்தைக் குறைக்கும்

திறனும், எடுத்த பணியில் முழு சக்தியையும் பயன்படுத்தும் தன்மையும் நினைவாற்றலைச் சிறந்த முறையில் தேக்கிவைக்க உதவுகின்றன. என்றபோதிலும், நல்ல தேக்கிவைப்பைத் தொடர்ந்து, அதே அளவு திறமையான நினைவுகூர்தல் தொடர வேண்டும். பெரும்பாலான வேளைகளில், நினைவுகூர்தலில் ஏற்படும் தோல்வியே மறதிக்குக் காரணமாகும்.

"ஏற்க விருப்பமில்லாத ஒன்றை மறந்துவிட விரும்பும் நிலை முற்றிலும் பரவலாக எல்லோரிடமும் காணப்படுகிறது. இத்திறன், ஐயத்திற்கிடமின்றி, பல்வேறு மனிதர்களிடம், பல்வேறு அளவில் வளர்க்கப்பட்டு விடுகிறது". சிக்மண்ட் ஃபிராய்ட் (Sigmund Freud) என்ற புகழ்பெற்ற உளவியலறிஞர், 'அடக்குமுறை' (repression) பற்றிய பல சான்றுகளை அவருடைய நோயாளிகளிலிருந்து எடுத்துக்காட்டுவதோடு, சாதாரண மனிதர்களின் மறதிக்கு அதுவே காரணம் எனவும் கூறுகிறார். மனக்கிளர்ச்சியும், நினைவாற்றலும் இணைந்து, மகிழ்வற்ற செய்திகள், அனுபவங்கள் ஆகியவற்றின் வேதனையிலிருந்து பாதுகாப்பு தருகின்றன. ஃபிரான்சிஸ் பேகன் (Francis Beacon) என்பவர் வெகுகாலத்திற்கு முன்பே, வலுவான உளக்கிளர்ச்சிகள்—மகிழ்வானதாகவோ அல்லது மகிழ்வற்ற தாகவோ இருந்தாலும்—மறந்துபோவதில்லை என்ற கருத்தை வெளியிட்டார். அதற்கு மாறாக, எதிர்மறையான மனக் கிளர்ச்சிக்கும், மறதிக்குமிடையே உள்ள ஃபிராய்டின் கருத்து, புதிய சிந்தனைக்கு வழிகோலியது. 20ஆம் நூற்றாண்டின் முற்பகுதியில், அது மிக்க ஆர்வத்துடன் தீவிரமாகச் சோதனை செய்யப்பட்டது. உளவியல் ஆராய்ச்சிகள், 'அடக்குமுறை'க்கு ஆதரவு தந்தபோதிலும், நமக்கு ஏற்படும் மறதி பற்றி அதிக விளக்கம் தருவதாக இல்லை. சில உளவியலறிஞர்கள், நினைவாற்றலுக்கும், உளக் கிளர்ச்சிக்கும் இடையே ஏற்படும் எதிரெதிர் செயல் விளைவுகளை வேறுவிதமாக விளக்கினார்கள். மகிழ்ச்சிதரும் நினைவொன்றை நினைவு கூர்வதற்கு, சுகமான சூழலும், பெருமிதமான உளநிலையும் முக்கியத் தேவையாகும். மாறாக, உளச்சோர்வு, வேதனை தரும் நினைவுகளுக்கே இட்டுச் செல்லும். இதுபோன்ற மனக்கிளர்ச்சி களின் 'சார்ந்த நிலை' (state dependent) தூண்டல்களை அறிதுயில் (hypnosis) நிலைக்கு உட்படுத்தப்பட்டவர்கள்மூலம் விளக்கிக் காட்ட முடியும். அன்றாடம் ஏற்படும் மறதியில், இதுபோன்ற கருத்துக்களை தனிப்படுத்தியே ஏற்றுக்கொள்ள முடியும். நாம் எங்ஙனம் மறந்துவிடுகிறோம் என்ற புதிரான வினா, இயங்குமுறை விஞ்ஞானி (behavioural scientists)களை, சிறந்த ஆராய்ச்சி

அமைப்புகளைத் தேடுமாறு தூண்டியுள்ளது. அதே அளவுக்கு நரம்பியல் உயிரியல் அறிஞர்களும், முதுமை அல்லது நோயின் காரணமாக மறதியிழப்பு ஏற்படுவதற்கான குறிப்புகளைத் தேடிக் கொண்டுள்ளனர்.

மறதிக்கோளாறுகள், வருத்துமளவிற்கு உணர்த்தினாலன்றி, அவற்றை உறுதிசெய்வது சற்று தந்திரமான செயலேயாகும். 'சாதாரண' நினைவாற்றல் என்றால் என்ன என்பதை விளக்குவது எளிதன்று. நினைவாற்றல் பற்றிய பெரும்பாலான சோதனைகள், தனித்தன்மை வாய்ந்த ஒரு பிரச்சினை எழாமல் தடுத்துக் கொள் கின்றன. பொதுவாக, நினைவாற்றல் போதாமையை அடையாளம் காண, ஒரு மருத்துவச் சூழலில் மேற்கொள்ளத்தக்க சோதனையைக் கண்டறிவது மிகக் கடினமாகும். இயல்பான ஜனத்தொகை அளவு நினைவாற்றல்களின் பல்வேறு வகைகள், நினைவாற்றல் பற்றிய உணர்வின் அளவு ஆகியவற்றைக் கருத்தில்கொண்டு, நிலைப் படுத்திய சோதனை (standardised test) ஒன்று முனைந்து தேடப் பட்டது. அதிக அளவு ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்டதும் பல ஆண்டு களாக, மாற்றியமைக்கப்பட்ட நிலையில் பயன்படுத்தப்பட்டது மான ஒரு சோதனை, 1945ஆம் ஆண்டு, டேவிட் வெக்ஸ்லெர் (David Wechsler) என்பவரால் வெளியிடப்பட்டது. ஒருவர் பற்றிய செய்தி, மற்றும் நடப்புச் செய்தி, நேரம், இடம் பற்றி அவரின் அறியும் திறன், மனக்கட்டுப்பாடு, எளிதில் நிலைநாட்டத்தகுந்த நினைவாற்றல், பார்வை, செவிப்புலன் ஆகியவற்றின்மூலம் பெற்ற நினைவை நினைவுகூர்தல், ஜோடியாக இணைந்து கற்றல் முதலியனவற்றை இது சோதித்தது. இச்சோதனையில் பெற்ற மதிப்பெண்கள், வயதினடிப்படையில் திருத்தம் செய்யப்பட்டு, 'நினைவாற்றல் ஈவு (Memory Quotient) என்று குறிப்பிடப்பட்டன. 100 மதிப்பெண்கள் இயல்பான நினைவாற்றலைக் குறிப்பிட்டது. இச்சோதனை, சில நேரங்களில் பிரச்சினைகளுக்கு உள்ளானது. ஏனெனில் சோதிக்கப்படுபவர்களின் அறிவுத்திறனைப் பொறுத்து, சோதனையின் முடிவுகள் ஆட்டம் கண்டன. வேறுபல சோதனைகள் கண்டறியப்பட்டபோதிலும், 'வெக்ஸ்லெர் நினை வாற்றல் சோதனை' (Wechsler memory test) நம்பத்தகுந்த சோதனை யாகத் திகழ்ந்தது. 1948ஆம் ஆண்டு, பி. வில்சன் (B. Wilson), மற்றும் அவரது குழுவினர் 'ரெவர்மியட் இயங்குமுறை சோதனை' (Revermead Behavioural Test) என்ற சோதனை முறையைக் கண்டறிந் தனர். அறியும் திறன், பெயர்கள், மற்றும் மறைத்துவைக்கப்பட்ட தனது பொருட்கள் ஆகியவற்றின் நினைவு, செய்திகள் மற்றும்

அன்றைய நிகழ்ச்சிகளின் நினைவு, முகங்கள் மற்றும் ஓவியங்களின் நினைவு, வாசிக்கப்பட்ட வாசகங்களைக் கேட்டு நினைவுகூரல் முதலியனவற்றை அது சோதித்தது. நினைவாற்றல் போதாமையைக் கண்டறிவதில் ஏற்படும் தவறுகளில் அதற்கு பங்கு உண்டு என்றாலும், உணர்வு நுட்பமிக்க, அன்றாடம் பயன்படுத்திய நினைவாற்றலினளவைக் காட்டும் இச்சோதனை பயனுள்ளதே. அனைத்து நினைவாற்றல் சோதனைகளும், நினைவில் என்ன தேக்கி வைக்கப்பட்டுள்ளன என்பதை அடையாளம் கண்டு கொள்கின்றன. ஆனால் மறதியை ஊகித்துத்தான் அறிய முடியும். இதுபோன்ற அல்லது இன்னும் அதிகமான சோதனைகளின் அடிப்படையில், பல்வேறு வகையான மறதிகள், நினைவிழப்புகள் (amnesias) கண்டறியப்பட்டுள்ளன. அவை ஒவ்வொன்றும் நாம் எங்ஙனம் நினைவு கொள்கிறோம், அல்லது மறந்துவிடுகிறோம் என்பதை அறிந்துகொள்ள புதிய வழியைக் காட்டுகின்றது.

நமது குழந்தைப் பருவத்தின் சாயல்கள், நமது தனிப்பண்பு (personality)டன் இணைந்து காணப்படுகின்றன. ஒருவேறுபட்ட உலகத்தைச் சார்ந்த, கடந்தகால நினைவுக்கீற்றுகள், மங்கலான நிச்சயமற்ற நினைவுக்கூறுகள், நிகழ்கால நினைவுகளில் ஓயாது ஊடாடுகின்றன. எத்தனையோ நிகழ்ச்சிகள், குழந்தைப்பருவத்தில் நடைபெற்றுள்ளன. அவற்றில் பெரும்பாலானவை நினைவை விட்டும் மறைந்துவிட்டன. ஒருசில குறிப்பிடத்தக்க நிகழ்ச்சிகளே நினைவில் தங்கியுள்ளன. குழந்தைப் பருவ நினைவிழப்பு, நம் எல்லாரையுமே தாக்குகிறது. ஃபிராய்டின் 'அடக்குமுறை' கொள்கை, இந்நினைவாற்றலின் பற்றாக்குறையை மீண்டும் விளக்குகிறது. இதைச் 'செய் அல்லது செய்யாதே' என அச்சுறுத்தும் வளர்ந்துவிட்டவர்களின் உலகில் காலடி எடுத்து வைத்து, அதில் கலந்துவிட்டபிறகு, நினைவாற்றலின் போராட்டம் கடுமையான தாகத் தெரிகிறது. அதனை மறந்துவிடுவது ஒருவேளை நலம் பயப்பதாகும். இதற்குத் தெளிவான விளக்கம் என்னவென்றால், குழந்தைப் பருவத்தில், செய்திகள் பிரித்தறியப்படும் முறை, வளர்ந்த பின்பு அறியப்படும் முறையைவிட முற்றிலும் மாறுபட்டதாகும். வார்த்தை வடிவங்களை உணர்ந்து ஏற்றுக்கொள்ள முடியாத இளமைப்பருவத்தில், பார்வை மூலம் பெறும் வடிவத்தின் துணை யோடுதான் நினைவில் தேக்கிவைக்க முடியும். அதற்குமாறாக, நன்கு வளர்ச்சி பெற்றவர்கள், வலுவான வார்த்தை இணைப்பு களை ஏற்படுத்திக் கொள்கின்றனர். ஒருவேளை, வளர்ச்சி பெற்றவர்களிடம், நினைவுகூர்வதற்கு இன்றியமையாத, மொழியின்

அடிப்படையிலான வழிகாட்டும் குறிப்புகள், உருவ அமைப்புகளின்மூலம் ஏற்படுத்தப்பட்ட செய்திக்கிடங்கைத் திறக்கத் தவறிவிடுகின்றன. மேலும், முதிர்ச்சியடைந்துவரும் மூளை, எப்போதும் மாறிக்கொண்டேயுள்ளது. நாம் வளரவளர, ஹிப்போகேம்பபஸ், பெருமூளை ஆகியவற்றின் உட்தன்மை விரைவாக மாற்றமடைகிறது. ஆகவே, மாற்றங்களின்போது, எங்கோ ஓர்மூலையில், சில செய்திகள் என்றென்றும் மறைந்துவிடுகின்றன என்பதில் வியப்பேதுமில்லை.

முதுமை நம் அனைவரையும் ஆட்கொள்கிறது. வயது அதிகரிக்கும்போது, நினைவாற்றல் நலிவடைகிறது. இதனைத் தவிர்க்க முடியாது. இது அனைவருக்கும் பொதுவானது. வளர்ச்சி பெற்றவர்களின் இயல்பான நினைவாற்றல் ஒரு சிக்கலான, பல்முனையிலான அறியும் திறன்கொண்ட செயலாகும். இது நாளடைவில் நலிவை எதிர்நோக்குகிறது. இந்நலிவு ஏற்றத்தாழ்வு மிக்கதாகும். முதுமையின் நினைவாற்றல் நலிவின் சிரமங்களைத் தவிர்க்க முயல்வது, பயனளிப்பதேயாகும். நினைவாற்றல் அமைப்புப் பணியின் ஒழுங்கை, முழுமையைத் தெரிந்துகொள்ளும் முயற்சிகள், மறைந்துபோகும் நினைவாற்றல் துடங்களைப் பற்றியும் நெருக்கமாக அறிந்துகொள்ள விஞ்ஞானிகளுக்கு ஆர்வத்தைத் தந்துள்ளன. தெளிவான நினைவாற்றல் (Explicit Memory), வயதானவர்களிடம் அடிக்கடி மறந்துபோவது வெளிப்படையானதேயாகும். பாட்டி அடிக்கடி மிக நன்றாகப் பாடும் கவிதை வரிகளை, அவள் எங்கு எப்பொழுது கற்றுக்கொண்டாள் என்பதை நினைவுகூர்வது எளிதானதன்று. பாட்டியை நினைவுப்பாதையில் இட்டுச் செல்வதற்கு, ஓரிரண்டு வழிகாட்டும் குறிப்புகள் தேவைப்படுகின்றன. உள்ளடக்க நினைவாற்றல் (Implicit Memory) இயக்கம், தெளிவான நினைவாற்றலைவிட, மிக நன்றாகவே பாதுகாக்கப்படுகிறது. வயது சம்பந்தப்பட்ட மாற்றங்களில், பெருமூளை முன்பகுதிகள் (frontal lobes) உள்ளாகின்றன என்பதை, புதிய பகுப்பாய்வுமூலம் அறியமுடிகிறது (படம் XVIII). 30 வயதைக் கடந்தது முதல், பெருமூளை முன்பகுதிகளின் கனம், ஆண்டிற்கு சராசரி 0.55 சதவிகிதம் அளவு குறைந்துவிடுகிறது. முன்பகுதிகள் சுருங்கி வருவதே உள்ளடக்க நினைவாற்றல் இழப்பிற்குக் காரணம். 55 வயதிற்கு மேல்பட்டவர்களிடம், ஹிப்போகேம்பபஸின் கனஅளவை அளப்பதற்கு, எம்.ஆர்.ஐ., சி.டி.ஸ்கேன் முதலிய கருவிகள் பயன்படுத்தப்பட்டன. வயது அதிகரிக்கும்போது, ஹிப்போகேம்பபஸின் தேய்வும் அதிகரிப்பது தெரியவந்தது.

கற்றல், நினைவாற்றல் இவற்றுக்கு ஊறுவிளைவிக்கும் வயது தொடர்பான மூளையின் மாற்றங்கள்

பெருமூளை	அளவில் பெரிய நரம்பு செல்கள் சுருங்குதல்
தலாமஸ்	சில நரம்பு செல்கள் சுருங்குதல்
முன்மூளை அடிப்பாகம்	கொலினெர்ஜிக் நரம்பு செல்கள் சுருங்குதல் அல்லது இறப்பு
அமிக்டலா	நரம்பு செல்களின் உள்ளே நரம்புக் கிளைகளில் தோன்றும் கடும் சிக்கல்கள்
ஹிப்போகேம்ப்பஸ்	பெரிய நரம்புச் செல்கள் சுருங்குதல் அல்லது இறப்பு. நரம்பு செல்களின் உள்ளே நரம்புக் கிளைகளில் தோற்றும் கடும் சிக்கல்கள்
லோகஸ் கொயரூலியஸ்	நரம்பு செல்களின் இறப்பு

66 வயதிற்குக் கீழ்ப்பட்ட முதியவர்களிடம் 13 சதவிகித அளவும், 77 வயது முதல் 80 வயதிற்கிடைப்பட்ட முதியவர்களிடம் 60 சதவிகித அளவும் தேய்மானம் காணப்பட்டது. என்றாலும், இந்நபர்களிடம், நினைவாற்றல்கள் உடனே இழந்து காணப்பட்டது. பெருமூளையில் ஏற்படும் மாற்றங்களும்கூட, வயதோடிணைந்த நினைவாற்றல் நலிவிற்குக் காரணமாக இருக்கக்கூடும். மூளை அமைப்பிலேற்படும் மாற்றங்களும், அவற்றைத் தொடர்ந்து ஏற்படும் நினைவிழப்பும், 'அல்ஸைமிர் நோய்' (Alzheimer's disease) போன்ற பிரச்சினைகளைத் தோற்றுவிக்கக்கூடும். இந்நோயில் சொற்பொருள் நினைவாற்றல் (semantic memory) நலிவடைகிறது. வயதான முதியவர்களை செயலிழக்கச் செய்துவிடுகிறது. பெரு மூளையின் பல்வேறு இடங்களில் அதிகரிக்கும் உயிரியல் பிறழ்வுகளை எதிர்த்துப் போராடுமாறும் ஆக்கிவிடுகிறது. 75 வயதைக் கடந்துவிட்ட மறதி நோயாளிகளிடம், நரம்புச் செல்களில் மாற்றங்கள் தோன்றுவதாகக் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது. செல் உட்பகுதி, டெண்ட்ரைட், ஆக்ஸான் நரம்புக்கயிறு மற்றும் அதன் நீட்டித்த பகுதிகள் முதலிய அனைத்துப் பகுதிகளிலும் மாற்றங்கள் ஏற்படுகின்றன. (படம் XIX) இம்மாற்றங்கள், சிலரின் மறதி நோய்க்குக் காரணம் என்று இணைத்துக் கூறப்பட்டபோதிலும், மூளைச் செல்களில் ஏற்படும் மாற்றங்கள், நோய்க்குறிகளாக வெளிப்படுவதில்லை. ஏனெனில், நரம்புசெல்களிடம், ஒரு பகுதியில் ஏற்படும் செயலிழப்பை ஈடு செய்யும் வியக்கத்தக்க

திறன் காணப்படுகின்றது. காலத்தின் சாவு மணியோசையிலிருந்து பலர் தப்பித்துக் கொள்கின்றனர். ஆனால் மற்றும் பலர் காலத்தின் பிடியில் சிக்கிக் கொள்கின்றனர். ஏனெனில், அவர்கள் இளமையாக இருக்கும்பொழுது மறதி அவர்களை ஆட்கொண்டு விடுகிறது. பல்வகைப் பிரச்சினைகள், கடைசியில் கண்டுபிடிக்கப் படலாம். ஏனெனில், நினைவிழப்பு, உடல் அமைப்பில் அதன் உறுப்புகளில் தோன்றும் பிரச்சினையாக இருக்கக்கூடும். அல்லது உளநிலையில் ஏற்படும் மென்மையான தடை, நோய், விபத்து, அதிர்ச்சி போன்றவையாலும் ஏற்படலாம். காலத்தையும், இடத்தையும் உணர முடியாமல், இம்மனிதர்கள், தொடர்பற்ற உலகில் உயிர்வாழ்கின்றனர்.

சில நரம்பியல் உயிரியல் அறிஞர்கள், நினைவாற்றல் ஏற்படுவதற்கு, அறியப்பட்டுள்ள காரணங்களின் அடிப்படையில், மறதியைப் பற்றி விளக்க முற்படுகின்றனர். இணைப்புகள் வலுவடைதல், புதிய இணைப்புகள் ஏற்படுதல் முதலியன, நினைவாற்றல் தடயங்கள் அமைவதற்குரிய தன்மைகளாக இருப்பதுபோல, இவ்விணைப்புகள் உடைந்துவிடுதல், மறதிக்கு ஒருவேளை காரணமாக இருக்கக்கூடும். பயன்படுத்தப்படாமலும், திரும்பத் திரும்பத் தூண்டப்படாமலும் இருப்பதன்மூலம், 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பு இணைப்பு வலுவிழந்து விடக்கூடும். நரம்பு சுழலமைப்பு பங்குபெறும் 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பு எளிதாக இயங்க முடியாமலாகிவிடுகிறது. கடைசியில் சுழலமைப்பில் தங்கியுள்ள செய்தி மறைந்துவிடுகிறது. தேக்கிவைத்த செய்திகளின் இழப்பிற்கு செல்களின் மாற்றங்கள் காரணமாகக் கருதப்பட்டாலும், மறதியில் காணப்படும் உளநிலைத் தன்மைக்கும், செல்மாற்றங்களை நேரடியாக இணைத்துக் கூறமுடியாது. வலுவிழந்துள்ள ஒரு 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பு, புதிய ஒரு செய்தியை கற்றுக்கொள்ளும் பகுதியாக இருக்க முடியும். தேவையற்ற இணைப்புகளின் அமைப்பை நீக்கிவிட்டு, பல முக்கிய அமைப்புகளின் இணைப் பிற்கு வழி அமைத்துக்கொடுக்க முடியும். நினைவாற்றலுடன் இணைந்த மற்றொரு முக்கிய அமைப்பு, ஈடுபட்டுள்ள செல்களின் 'நீண்டகால மின்சக்தி' (longterm potentiation) மின் உடலியக்கப்பதிவு (electro physiological recording) செய்வதாகும். நீண்டகால மின் சக்தியின் 'சுண்டிவிடும் பக்கம்' (flip side) என அழைக்கப்படும் இதனுடன் தொடர்புடைய மற்றொரு புதிர், ஏற்கெனவே பதிவு செய்யப்பட்டுள்ளது. 'நீண்டகாலத் தொய்வு' (long term depression) என இது அழைக்கப்படுகிறது. மின்சக்திக்கு எதிராக ஆற்றலுடன்

இயங்கும் இத்'தொய்வு', 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பின் எதிர்ச்செயல்களை தடுக்கவோ அல்லது குறைக்கவோ செய்கிறது. பொதுஅளவில், 'நீண்டகாலத் தொய்வு' முக்கியமல்லாத செய்தியை அழித்து விடவும், அத்துடன், முந்திய தூண்டலின் இடையூறின்றி, புதிய தூண்டல் நடைபெறவும் உதவுகிறது. ஆரம்பகாலத் தொடர்பினை மாற்றியமைக்கும்போது, 'நீண்டகாலத் தொய்வின்' பங்கை எண்ணிப் பார்க்க இயலும். உதாரணமாக, ஆரம்பகாலத் தொடர்பில், பயஉணர்வு, சிவப்புநிறத்துடன் இணைத்துக் கூறப்பட்டது. பிறகு, சிவப்பு நிறத்திற்குப் பதிலாக பச்சைநிறம் பயத்துடன் இணைத்து, புதிய தொடர்பு நிறுவப்பட்டால், இப்புதிய தொடர்பு நிலைபெறும் பொருட்டு, பழைய சிவப்பு நிறத்தொடர்பு துண்டிக்கப்படவேண்டும். 'நீண்டகாலத் தொய்வின்' பணிபற்றி, விஞ்ஞானிகள் பல ஊகங்களைக் கணிக்கும்போது, நமது அன்றாட மறதியில், அதனை இணைப்பதில், அதிக கவனத்துடன்தான் செயல்படுகின்றனர். நினைவு கொள்ளுதல்போல, மறதியும் நமது மூளையின் பல கோணங்களிலிருந்து அறிந்துகொள்ளும் பணியே என்பதுடன், மிகுந்த விருவிருப்புள்ளது என்றும் நிரூபிக்கிறது!

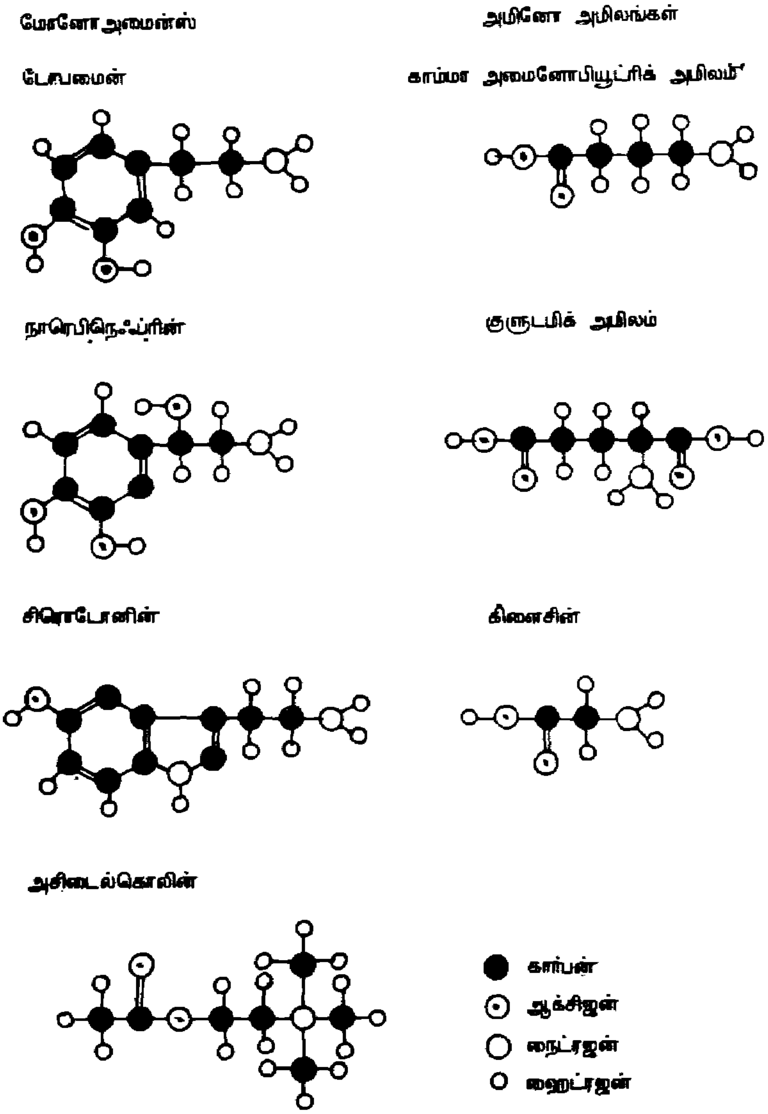
9

நினைவாற்றல் கையாளுதல்

'நினைவாற்றலை அதிகரிக்கச் செய்யும் ஒரு புதிய மருந்து'— நாட்டின் முன்னணி நாளேடுகளில் ஒன்றான தி டைம்ஸ் ஆஃப் இந்தியா, 'பிரஹ்மி' (Brahmi) என்ற ஆயுர்வேதத் தயாரிப்பைப் பற்றிய செய்தியை வெளியிட்டபோது இவ்வாறு குறிப்பிட்டது. "நினைவிழப்பு—மறதி—முதியவர்களுக்கு, இனி ஒரு பிரச்சினை அல்ல" என்று நாளேடு மேலும் விளக்கியபோது, வயது, அல்லது விபத்து போன்ற காரணங்களால், நரம்புகள் பாதிக்கப்பட்டு நினைவிழப்பு அல்லது போதிய நினைவாற்றல் பெறாதநிலை, ஏற்படும்போது, நினைவாற்றல் பணிகளைச் சீர்பெறச் செய்வதற்கு, மற்ற பல ஆராய்ச்சிகளைப் போல, இதிலும் ஆராய்ச்சியின் உந்துதல் தேவைப்படுகிறது என்பது நன்கு விளங்குகிறது. நினைவாற்றலைத் தூண்டும் மருந்துகள் பற்றி மற்றொரு கோணத்திலிருந்து பல ஆராய்ச்சிகளை விஞ்ஞானிகள் நடத்தி வருகின்றனர். பல இரசாயனப் பொருட்களைப் பயன்படுத்தி. நினைவாற்றலைக் கையாள முனைகின்றனர். அதன் பிறகு நினை வாற்றலின் இரசாயன அமைப்பைக் கண்டறிவதற்கு, அவற்றைப் பயன்படுத்திக் கொள்கின்றனர். நினைவாற்றல் அமைப்பின்மீது மூளையின் இரசாயன வரைபடம் சுமத்தப்பட்டிருக்கிறது என்பது வெளிப்படையாகவே தெரிகிறது. நினைவாற்றல் தடயத்தை உருவாக்கும் நரம்பு சுழலமைப்பை ஒழுங்குபடுத்துவது, நரம்பு இரசாயனப் பொருட்களேயாகும். அவையே நினைவாற்றல் நாடகத்தின் உண்மையான பொறுப்பாளர்கள்.

கி.பி.1903ம் ஆண்டு, 29 வயது ஆஸ்திரிய மருந்தியல் அறிஞர் ஓட்டோ லூவி (Otto Loewi) என்பவருக்கும், 25 வயது பிரிட்டிஷ் மருத்துவரும், உடலியங்கியல் அறிஞருமான டி.ஆர். எலியட் (T.R. Elliott) என்பவருக்கும் இடையே நிகழ்ந்த ஒரு உரையாடல், வரலாறு படைத்தது. நரம்பு மண்டலத்தில், செய்திகளை எடுத்துச்

செல்வதற்கு இரசாயனப் பொருட்கள் உதவுகின்றன என்று அறிய அவ்வுரையாடல் வழிவகுத்தது. தன்னிச்சை நரம்புகளின் (autonomicnerves) நுனிகள், அட்ரினல் சுரப்பிக்குள் இரசாயனப் பொருட்களைச் சுரக்கின்றன என்ற கருத்தை, 1904ஆம் ஆண்டு, எலியட் வெளியிட்டார். அதே ஆண்டு, எலியட்டின் ஆசிரியரான ஜான் லேங்லி (John Langley) நரம்பு செல்களின் மின் இயக்கத்திற்கும், நரம்புகள், அவற்றின் நுனிகளில் சுரக்கும் இரசாயனப் பொருட்களுக்கும் இடையே தொடர்பு உள்ளது என்று மேற்கொண்டு



படம் 9.1 : செய்திகளையேந்திச் செல்லும் சில முக்கிய நரம்புத் தகவலர்கள் (இரசாயனப் பொருட்கள்)

மற்றொரு கருத்தை வெளியிட்டார். வேகஸ் நரம்பு (Vagus Nerve) என்ற முக்கிய நரம்பு, அசிடைல்கொலின் (acetyle choline) என்ற இரசாயனப்பொருளைச் சுரக்கிறது. அதன்மூலம், இதயம் சுருங்குவதைத் தடை செய்கிறது என்று ஆராய்ச்சிமூலம் 1921ஆம் ஆண்டு ஓட்டோ லூவி நிரூபித்தார். இக்கருத்திற்கு ஆதரவாக, ஹென்றி டேல் (Henry Dale) என்ற ஆங்கிலேயர், 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பு மூலம் செய்தி பாய்ந்து செல்லும் தத்துவங்களை ஆராய்ச்சிகள்மூலம் விளக்கினார் (படம் 9.1). அதனைத் தொடர்ந்து, பல ஆண்டுகள் வரை இக்கருத்து மேற்கொண்டு ஆராய்ச்சிகளைத் தொடர்வதற்கு வழிகாட்டிக் கொண்டிருந்தது.

அடுத்த 40 அல்லது 50 ஆண்டுகள் இதே கருத்தின் அடிப் படையிலேயே ஆராய்ச்சிகள் தொடர்ந்தன. நமது நினைவாற்றலை நிலைநிறுத்தும் இரசாயனப்பொருட்கள், மூளையில் எங்ஙனம் இயங்குகின்றன என்பதைப் பற்றி நிறையச் செய்திகள் அறியப் பட்டன. முதுகெலும்பில்லாத பிராணிகளில், கற்றல் அதனைப் பிறகு நினைவில் கொள்ளுதல் பற்றிய ஆராய்ச்சிகள், இவற்றில் பங்குபெறும் நரம்பு அமைப்புகளை இயக்க அடிப்படையில் பிரித்து வகைப்படுத்துவதற்கு உதவின. நரம்பு சுழல்களின் ஒரு விரிவு, 'உள்ளமைப்பு' (intrinsic) என்று அழைக்கப்படுகிறது. நினைவாற்றல் தடயத்தின் பாதைகளை நரம்புகள் தோற்றுவிப்பதை இது விளக்குகிறது. செய்தித் தேக்கம் ஏற்படுவதைக் குறிப்பிட்டுக் காட்டும், 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பின் வலுவில் ஏற்படும் மாற்றங்கள் இந்தச் செல்களில் நிகழ்கின்றன. அதற்கு மாறாக, 'வெளியமைப்பு' (extrinsic) என்ற அமைப்பு 'உள்ளமைப்புச் சுழலமைப்பை இயக்கும் பாதையைச் சுட்டிக் காட்டுகிறது. நினைவாற்றலை நிலைப்படுத்தி வைக்கும் நரம்பு இணைப்புகளைத் தோற்றுவித்து, அவற்றைப் பராமரிக்கும் பணியை, இது ஒழுங்குபடுத்துகிறது. 'உள்ளமைப்பு' 'கடின நரம்பு'(hard wired)களைக் கொண்டது என்று கருதப்படுகிறது. நினைவாற்றல் இயக்கம் நடைபெற்றுக் கொண்டிருக்கும்போது, 'உள்ளமைப்பு' தூண்டப்படுகிறது. அனால் 'வெளியமைப்பு' ஒழுங்கு படுத்தும் (modulatory) பணியைத்தான் செய்வதாகச் சொல்லப் படுகிறது. சில சாதாரண முதுகெலும்பில்லாத பிராணிகளை அறுத்து, மேற்கூறப்பட்ட அமைப்புகளின் ஆக்கக் கூறுகள் ஆராயப்பட்டன. முதுகெலும்புள்ள பிராணிகளிடத்தில், இக் கருத்துக்களை இணைத்துப் பார்த்தபோது செல்களினளவில், பிரித்துப் பார்க்க முடியாதவாறு, 'ஒழுங்குபடுத்தல்', 'இயக்கம்' ஆகிய இரண்டும் பின்னிப் பிணைந்துள்ளன என்பது தெரியவந்தது.

என்றபோதிலும், உடலியக்கம், மற்றும் உயிர்வேதியல் காரணங் களுக்காக, மேற்குறிப்பிடப்பட்டுள்ள இரண்டு வகை அமைப்புகள் இயங்குகின்றன என்று நம்பப்படுகிறது. கற்றல் நடைபெறும் பொழுது, 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பின்மூலம் செய்திகள் பாய்வதில் பங்குபெறும் இராசயனப் பொருட்களும், அவற்றின்மீது ஆட்சி செலுத்தும் பிறபொருட்களும் உள்ளன என்றும் கருதப்படுகின்றது. நினைவாற்றலைக் கையாளுவதில் இவ்விரண்டுவகைப் பொருட் களும் பல கற்பனைகளைத் தூண்டியுள்ளன.

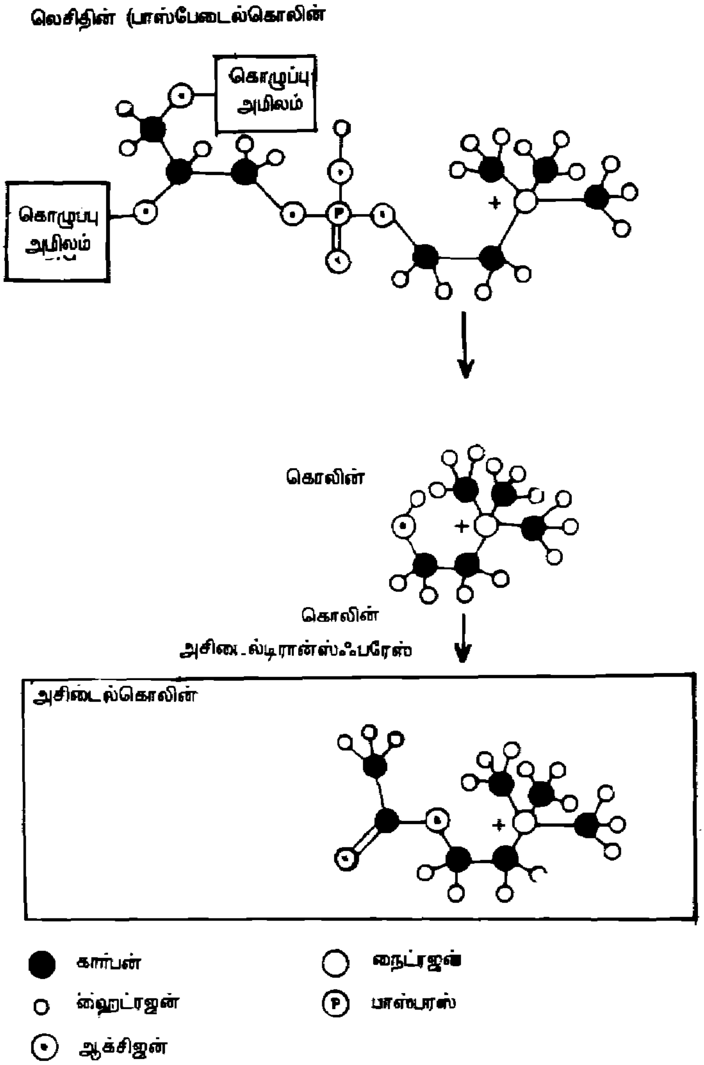
நினைவாற்றல் மீது மருந்துகள் தூண்டும் விளைவுகளை மதிப்பிடும்போது, பல்வேறு பிரச்சினைகளைச் சமாளிக்க வேண்டிய தேவை ஏற்படுகிறது. நெருக்கடியான பிரச்சினை என்னவென்றால் நினைவாற்றல்மீது மருந்து தோற்றுவிக்கும் விளைவையும், பொதுவான செயல் நிறைவேற்றத்தில் தோற்று விக்கும் விளைவையும் பிரித்தறிவதாகும். ஆராய்ச்சிப் பிராணி யின்மீது, ஊசிமூலம் ஒரு மருந்து செலுத்தப்பட்டு, அதன் விளைவாக ஒரு குறிப்பிட்ட பணியை எவ்விதம் நிறைவு செய்கிறது என்பது ஆராயப்படும்போது, நினைவாற்றலோடு நேரடியாகத் தொடர்பில்லாத மற்ற நரம்புப் பாதைகளும் தூண்டப்படுகின்றன. செயல் நிறைவேற்றத்தில் ஏற்படும் மாற்றங்கள், நினைவாற்றல் மாற்றங்களால் ஏற்படுகின்றனவா, அல்லது, மற்ற இணைந்த பணிகளின்மீது மருந்து தோற்றுவிக்கும் விளைவுகளாலா என்பதை கண்டறிவது எளிதன்று. பொருத்தமான சில வரைமுறைகள் இப்பிரச்சினையை ஓரளவிற்கு சமாளிக்க உதவுகின்றன. இதில் மற்றொரு பிரச்சினை என்னவெனில், சோதனை செய்யப்படும் மருந்து, பெரும்பாலும் வேறுபட்ட விளைவுகளைத் தூண்டி விடுவதாகும். செலுத்தப்படும் மருந்தின் அளவு மற்றும் உட்படுத்தப் படும் பிராணியின் வகைகளைப் பொறுத்து, மருந்தின் செயல்பாடு வேறுபடுகிறது. மேலும், மூளை, மற்றும் தண்டுவடம் ஆகியவற்றின் மீதும் அல்லது புற எல்லை நரம்புகள் (peripheral) மீதும் அல்லது இவையனைத்தின்மீதும் மருந்து அதன் இயக்கத்தைச் செலுத்தக் கூடும். இவ்விரு அமைப்புகளும் (மூளை, தண்டுவடம்-புற எல்லை நரம்புகள்) மிக நெருக்கமாக இணைந்து காணப்படுவதால், அதன் மீது விளைவுகளைத் தூண்டி நினைவாற்றல் சோதனையை செயல்படுத்துவதில், மருந்து மாற்றங்களை ஏற்படுத்தியுள்ளது என்பதைக் கண்டறிவது எளிதல்ல. பெரும்பாலான மருந்துகள் பக்க விளைவுகளைத் தோற்றுவிக்கின்றன. ஒரு மருந்தைப் பற்றிய முடிவுகளை மேற்கொள்வதற்கு முன்பு, இவ்விளைவுகளைக்

கருத்தில் கொண்டு, மிக நுணுக்கமாக ஆராய வேண்டும். நம்மை அச்சுறுத்தும் பிரச்சினை, நினைவாற்றலின் பல்வேறு தன்மைகளாகும். ஒரே மருந்து, நினைவாற்றல் அமைப்புகளின் பல்வேறு வகைகளிலும் மாற்றத்தைத் தோற்றுவிக்கக்கூடும். ஆராய்ச்சி அமைப்புகளின் குறுகிய எல்லையைக் கருத்தில்கொண்டு, நினைவாற்றல்களின் பல்வேறு அமைப்புகளைச் சரிபார்க்க உதவும் பணித்திட்டங்கள் தயாரிக்கப்பட்டன. சிக்கல் பாதை வழி இலக்கை அடைவதற்கு பிராணிகள் பழக்கப்படுத்தப்படுவதன் அடிப்படையில் சில அமைக்கப்பட்டன. மற்றும் சில, பார்த்தல், கேட்டல் முதலியவற்றின் வேறுபாடுகளைக் கண்டறிந்து, அதற்குரிய வெகுமதியைப் பிராணி பெறும் முறையினடிப்படையில் அமைந்தன. இன்னும் சில, பிராணிக்கு மித அதிர்ச்சி தரப்பட்டு, கற்பதில் வெறுப்புத்தூண்டப்படும் அடிப்படையில் அமைந்தன. ஒவ்வொரு திட்டமும், தனித்தன்மை வாய்ந்த வழிகாட்டும் குறிப்புகளைத் தந்து அவற்றினடிப்படையில் முடிவுகளைக் கண்டறிய உதவியது. இம்முடிவுகளைக் கவனமாகப் பகுத்தாய்ந்து, மருந்துகளின் ஒட்டுமொத்தத் தன்மைகளை அறிந்துகொள்ள வேண்டும். முதுகெலும்பு அமைப்பின் இயற்கையான சிக்கல்களைக் கருத்தில்கொண்டு, ஆழங்காண முடியாத இக்கிணற்றில் இறங்கி, மருந்தியல் அறிஞர்களும், உடலியங்கியல் அறிஞர்களும் இணைந்து, நினைவாற்றலின் கதையைத் தயாரித்துள்ளனர். அதை இலகுவாகக் கையாள முடியும் என நம்புகின்றனர்.

அசிடைல் கொலின் என்ற இரசாயனப்பொருள், நரம்புசெல் தயாரிக்கும் மிகச் சிறிய அணுக்கூறாகும். சிறு குமிழிகளில் (vesicles) அடைக்கப்பட்டு ஆக்ஸான் நரம்புக்கயிறு வழியாக நரம்பின் கடைமுனைகளுக்கு அனுப்பப்படுகிறது. போதிய அளவு கொடுக்கப்படும் மின்தூண்டல், செல்களில் நிகழ்வுகளைத் தூண்டி, அசிடைல் கொலின் அணுக்கூறுகளின் வெளியேற்றத்தை ஏற்படுத்துகிறது. இவ்வணுக்கூறுகள், 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பு பிளவிற்குள், இரண்டு செல்களக்கிடையேயுள்ள இடத்தை சென்றடைகின்றன (படம் XVII). அசிடைல் கொலின் ஏற்புத்திசுக்களைப் பெற்றுள்ள 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்புப் பின்புள்ள நரம்பு செல், இந்த இரசாயன அணுக்கூறுகளையேற்று, அதன்படி செயல்படுகிறது. இத்தகவல் அணுக்கூறு, சற்றுநேரம் வரைதான் இயங்க அனுமதிக்கப்படுகிறது. அங்குள்ள 'அசிடைல் கொலினெஸ்ட்ரேஸ்' (acetyl cholinestrase) என்ற நொதி, அதன் இயக்கத்தை முறித்து விடுகிறது என்பதே காரணமாகும். பயன்படுத்தப்பட்டுவிட்ட அல்லது மிதமிஞ்சிய

நரம்புத் தகவல் அணுக்கூறைத் துடைத்தெறிந்துவிடும் இந்நொதி, பிறகு, பொருத்தமான மின்தூண்டலுக்கு வழிவகுத்துவிடுகிறது. இந்த 'கொலினர்ஜிக்' சைனாப்ஸ் சந்திப்புக்கள் நினைவாற்றலைத் தேக்கிவைக்கும் 'உள்ளமைப்பு' அமைப்பின் ஒரு பகுதிதான் என்று கருதப்படுகிறது. அசிடைல்கொலின் தயாரிப்பு, அதன் போக்கு வரத்து, அதன் வெளியேற்றம், 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பிலேற்படும் பணி முறிவு முதலியனவற்றைத் தோற்றுவிக்கும் மருந்துகள், நினை வாற்றலிலும் மாற்றத்தைத் தோற்றுவிக்கின்றன என்பதன் அடிப்படையில் இம்முடிவு எட்டப்பட்டது. 'அட்ரோபின்' (atropine) என்ற இரசாயனப்பொருள், அசிடைல் கொலின் இயக்கத்தை எதிர்த்து இயங்குகிறது. எலிகளில் மட்டுமின்றி, மனிதர்களிடத்தும், இம்மருந்து நினைவாற்றலை ஊறுபடுத்துவது அறியப்பட்டுள்ளது. நினைவாற்றலைத் தேக்கி வைப்பதைத் தடுக்கிறது. ஆனால், ஏற்கெனவே தேக்கி வைக்கப்பட்டுள்ள நினைவுகள் மீது எவ்வித விளைவுகளையும் ஏற்படுத்துவதில்லை.

மற்றொரு 'கொலினர்ஜிக் எதிர்ப்பு' மருந்து 'ஸ்கொபொ லமைன்' (scopolamine) என்பதாகும். இதனை உட்செலுத்தினால், அது விரிவான நினைவாற்றலைத் (declarative memory) தாக்கி செய்திகளையும், எண்களையும் நினைவுகூர முடியாமல் செய்து விடுகிறது. என்றாலும் செயல்முறைநினைவாற்றலின் (procedural memory) மீது விளைவுகளை ஏற்படுத்துவதில்லை. ஸ்கொபொ லமைன், மறதியைத் தோற்றுவிப்பதுடன் அறிந்துகொள்ளும் பணிகளிலும் (cognitive functions) பொதுவான முறையில் ஊறு விளைவிக்கிறது. கொலினர்ஜிக் 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்புகள், நினை வாற்றலைத் தேக்கிவைக்கும் அமைப்பின் ஒரு பகுதி மட்டுமின்றி, அதனையொத்த அமைப்புகள் பலவற்றுடன் தொடர்பு கொண்டுள்ளது என்று கருதும்போது ஊறுகள் தோன்றுவதை நாம் எதிர்பார்க்கலாம். நினைவாற்றலிலும், அது தொடர்பான பணி களிலும், அசிடைல் கொலின் ஆற்றும் பணிகளை கொலினர்ஜிக் எதிர்ப்பு மருந்துகளின் விளைவு உறுதியாக நிலைநாட்டுகிறது. ஆகவே, கொலினர்ஜிக் அமைப்பை வலுப்படுத்தும் எந்த ஒரு இரசாயனப் பொருளும், நினைவாற்றலுக்கு உதவக்கூடும் என எதிர்பார்க்க முடியும். இக்கருத்து, வயதுமுதிர்ந்த அல்ஸெமிர் (Alzhemier) நோயாளிகளுக்கு நம்பிக்கை தருவதாகும். இந்நோயாளி களிடம், கொலினர்ஜிக் அமைப்பு வலுவிழந்துவிடுகிறது என்றும், கொலினர்ஜிக் 'சைனாப்ஸ்' சந்திப்பை வலுப்படுத்தும் இரசாயனப் பொருள் வரவேற்கத்தக்கதே என்றும் அறியப்பட்டுள்ளது. நாம்



படம் 9.2 : லெசிதின், அசிடைல்கொலினாக மாற்றப்பட முடியும்

சாதாரணமாக உட்கொள்ளும் உணவில் 'லெசிதின்' (lecithin) காணப்படுகிறது. இந்த இரசாயனப் பொருளின் அணுக்கூறு, 'கொலின்' என்ற பொருளாக உடலில் மாற்றம் பெறுகிறது. பிறகு 'அசிடைல் கொலின்' என்ற பொருளாக ஆக்கப்படுகிறது (படம் 9.2). நரம்பு செல்களில், அசிடைல்கொலின் தயாரிப்புத் தூண்டப் பட வேண்டும் என்பதை ஊக்குவிப்பதற்காக, 'அல்ஸெமிர்' நோயின் ஆரம்ப நிலை நோயாளிகளுக்கு, 'லெசிதின்' நிறைந்த

உணவு தரப்பட்டு, சிறிது சிறிதாக அதிகரிக்கப்பட்டது. சில நோயாளிகள், கற்கும் திறனில் சற்றுமுன்னேற்றத்தைக் காட்டினர். துரதிருஷ்ட வசமாக, நினைவாற்றல் இயக்கங்களில் அதிக மாற்றங்கள் அல்லது விளைவுகள் காணப்படவில்லை. சில நோயாளிகளுக்கு, அசிடைல்கொலின் தோன்றுவதற்கு முன்புள்ள நிலையிலான கொலின் நேரடியாகக் கொடுக்கப்பட்டது. சிலரிடம் கொஞ்சம் முன்னேற்றம் காணப்பட்டது. என்றாலும், எல்லா வற்றையும் உள்ளிட்ட நிலை, ஏமாற்றம் தருவதாகவே இருந்தது. சாதாரண நபர்களுக்கு அரிக்கோல் (arechole) அல்லது ஃபைசோஸ்டிக்மைன் (physostigmine) போன்ற கொலினர்ஜிக் மருந்துகள் கொடுக்கப்பட்டன. சிகிச்சையின் ஆரம்பகாலத்தில் கற்கும் திறனில் சற்று முன்னேற்றம் காணப்பட்டது. ஆனால், சிகிச்சை நீடிக்கப்பட்ட பொழுது, குறிப்பிடத்தக்க விளைவுகள் ஏற்படவில்லை. உறுதியான நினைவாற்றல் முன்னேற் றத்திற்கு, கொலினர்ஜிக் மருந்துகள் உதவுவதாகத் தெரியவில்லை. கொஞ்சம் உதவும் மருந்துகள்கூட பக்க விளைவுகளைத் தூண்டி விடுகின்றன. உள்ளமைந்த, கடின நரம்புக் கயிறுகளைக் கொண்ட நினைவாற்றல் சுழலமைப்பின் இப்பகுதி, தடையின்றித் தலையிட்டு ஏதாவ தொன்றைச் செயலாக்க உதவுவதாகத் தெரியவில்லை.

ஒரு தேர்வை எதிர்நோக்கும்போது மன உளைச்சல் (tension) அதிகரிக்கிறது. சுரப்பி நீர்களைச் சுரந்து, மன இறுக்கத்தைத் (stress) கையாள உடல் முனைகிறது. அட்ரினல் சுரப்பிகள், அட்ரினலின் சுரப்பி நீரைச் சுரந்து, உடலியக்க அளவில் உடலைத் தயார்படுத்துகிறது. அட்ரினலின் சுரப்பி நீருடன், சில புரதப் பொருட்களும் வெளியேற்றப்படுகின்றன. 'என்கஃபலின்ஸ்' (enkaphalines) என அவை அழைக்கப்படுகின்றன. இவை 'நியூரோ பெப்டைட்ஸ்' (neuropeptides) (அட்டவணை) என்றழைக்கப்படும் இரசாயனப் பொருட்களின் ஒரு பிரிவைச் சேர்ந்தவை. பிட்யூட்டரி சுரப்பி 'அட்ரினோ கார்டிகோ டிரோபிக் ஹார்மோன் (Adreno Corticotropic hormone - ACTH) என்ற சுரப்பி நீரைச் சுரந்து, மன இறுக்கத்துடன் தொடர்புடைய சுரப்பிநீர்களுக்கு ஆதரவு தந்து உதவுகிறது. அத்துடன், பீட்டா எண்டார்ஃபின் (B–endorphin) என்ற மற்றொரு நியூரோபெப்டைட் பொருளும் வெளியாகின்றது. மன இறுக்கத்துடன் தொடர்புடைய இன்னுமொரு சுரப்பிநீர் 'வாசோ பிரஸ்ஸின்' (vasopression) என்பதாகும். பெரும்பாலான இந்த இரசாயனப் பொருட்கள், கற்றல் அதனைத் தொடர்ந்து கற்றதை நினைவில் நிறுத்துதல் ஆகியவற்றின் மீது செல்வாக்கைச் செலுத்து

நரம்பு பெப்டைட்கள்

சில நரம்பு செல்களில் அமைந்துள்ள அமினோ அமிலங்களின் குறுகிய சங்கிலிகள்

மெட்-என்கெஃபலின்	வாஸோ பிரஸ்ஸின்
லியூ-என்கெஃபலின்	வாஸோ குடல் இயக்க பாலிபெப்டைட்
சப்ஸ்டன்ஸ் பி	சொமடோஸ்டேடின்
நியூரோடென்சின்	தைரோடிரோபின் வெளியேற்றும் சுரப்புநீர்
பீட்டா-என்டார்ஃபின்	லூடினைஸிங் - சுரப்பு நீர் வெளியேற்றும் சுரப்புநீர்
ஏசிடிஹெச்	பாம்பேசின்
ஆன்ஜியோடென்சின் II	கார்னோசின்
ஆக்ஸிடோசின்	கோலிசிஸ்டோகினின் போன்ற பெப்டைட்

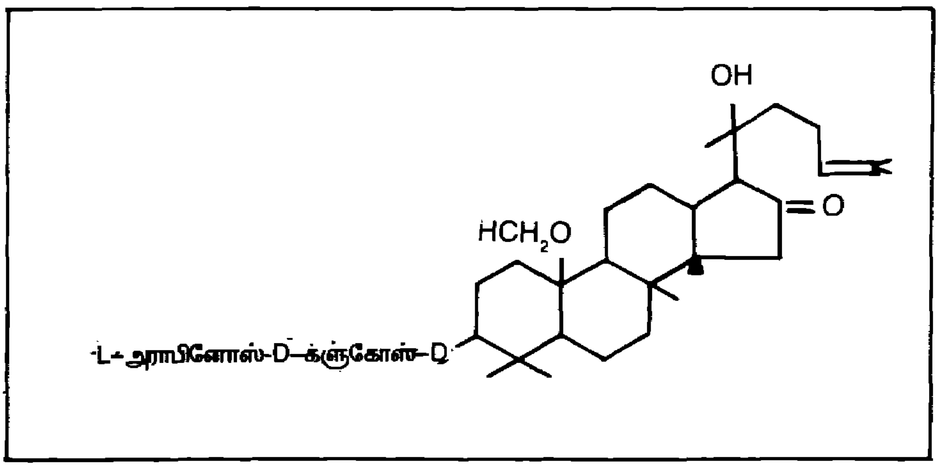
கின்றன. இவை நினைவாற்றல் தேக்கத்திற்கு உதவும் நரம்புத் திரட்டலின் பகுதியைச் சேர்ந்தவையல்ல என்றாலும், எவற்றைத் தேக்கி வைக்க வேண்டும், எவ்வளவு காலம் அவை நிலைத்து நிற்க வேண்டும், என்பதை நிர்ணயிப்பதில் இந்த இரசாயனப் பொருட்களுக்கு நிறையப் பங்குண்டு. ஒழுங்குபடுத்தும் தன்மை வாய்ந்த இவை, நினைவாற்றலை ஆட்சி செய்யும் வெளியமைப்பு அமைப்பின் ஒரு பகுதியாகும். இந்த இரசாயனப் பொருட்களைத் தயாரிப்பதிலும் அல்லது சுரப்பதிலும் அல்லது இயக்குவதிலும் ஒழுங்குபடுத்தும் சக்திவாய்ந்த எந்த மருந்துப்பொருளும் கற்றல், நினைவாற்றல் ஆகியவற்றின் மீது அதன் விளைவை உண்டு பண்ணும் வாய்ப்புகளைப் பெற்றிருக்கிறது.

உளக்கிளர்ச்சியின் பிடியில் சிக்கியுள்ள போது, கற்றலிலும், அதனை நினைவு கொள்வதிலும் மாற்றங்கள் ஏற்படுவதை நாம் தினமும் நமது அனுபவத்தில் கண்டுவருகிறோம். என்றாலும், உளக் கிளர்ச்சியின்போது வெளியாகும் இரசாயனப் பொருட்களைத் திரட்டி, அவற்றை உடலினுள் செலுத்தி அதன்மூலம் நினைவாற் றலை இயக்கவோ அல்லது ஆதிக்கம் செலுத்தவோ எடுக்கப்படும் முயற்சிகள் முற்றிலும் வேறுபட்ட செயலேயாகும். பல இடங் களைத் தேர்ந்தெடுத்து, பல்வேறு அளவுகளில் இரசாயனப் பொருட்களை ஊசிமூலம் உடலில் செலுத்தும் பல வாய்ப்புகளைப் பயன்படுத்தி ஆராய்தல் நினைவாற்றல் முன்னேற்றத்தைப்

பொறுத்தவரை, வேறுவகையான முயற்சியேயாகும். ஏசிடிஹெச் அல்லது ஏசிடிஹெச் போன்ற அணுக்கூறுகள், நினைவாற்றலில் மாற்றங்களை வேறுபட்ட அளவிற்குத் தோற்றுவிக்கின்றன. குறைந்தகால அளவிற்கு நினைவுகளை நிறுத்திவைப்பதற்கு ஒரு சிலருக்கு அவை உதவக்கூடும் எனத் தெரிகிறது. ஆனால், ஆழ்ந்த கவனம் தேவைப்படும் திறமைகளை அவை அழித்துவிடுகின்றன அல்லது இடையூறுகளை விளைவிக்கின்றன என்றும் குறிப்பிடப் பட்டுள்ளது. வாசோபிரஸ்ஸின் சுரப்பி நீரின் திரவத் திவலைகள், ஒரு சிலரது நாசியில் தூவப்பட்டபோது, நினைவாற்றலும், கவனமும் தேவைப்படும் சில பணிகளில் அவர்களிடம் முன் னேற்றம் காணப்பட்டது. மேலும், உடலியக்கத்திறனைக் காட்டும் (motor skills) சில சோதனைகளிலும் நன்றாகவே செயலாற்றிக் காட்டினர். வாசோபிரஸ்ஸின், மனப்பாங்கை அல்லது மன நிலையை உயர்த்தும் தன்மை பெற்றிருப்பது அறியப்பட்டிருந்த போதிலும், நினைவாற்றல் இயக்கத்தில் அதன் விளைவு நேரிடையானதா, அல்லது பொதுவான 'தூண்டல்' (arousal) அதாவது எல்லாவற்றையும் உள்ளிட்ட கவனம் அல்லது கூரியநோக்கு ஆகியவற்றின் விளைவா என்பது தெளிவாகத் தெரிய வில்லை. பல நியூரோபெப்டைட்ஸ் பொருட்களும், அவற்றை யொத்த பொருட்களும் கற்றல்மீதும், நினைவாற்றல்மீதும் ஏற்படுத்தும் செல்வாக்கை, பல்வேறுவகையான பிராணிகளை உட்படுத்தி ஆராயப்பட்டுள்ளது. எண்டார்பின்ஸ், என்கஃபலின்ஸ் முதலிய இரசாயனப் பொருட்கள் நினைவாற்றல்மீது விளைவினை ஏற்படுத்தக்கூடும். ஆனால், அவற்றின் இயக்க முறை, புற எல்லை நரம்பு அமைப்பின் வாயிலாகச் செயலாற்றப்படலாம் என்று மட்டும் கருதப்படுகிறது. ஏனெனில், அதன் இயக்கம் இன்னும் நன்றாக அறியப்படவில்லை. உள்ளமைப்பு அமைப்புப்போல, வெளியமைப்பு அமைப்பும், எளிதாக கையாளப்பட முடியவில்லை.

பல இரசாயனப் பொருட்கள் நரம்பு மண்டல அமைப்பைத் தூண்டி விடுகின்றன, அல்லது சோர்வடையச் செய்கின்றன (stimulants or depressants). பெரும்பாலனவை நினைவாற்றலில் மாற்றத் தைத் தருகின்றன. ஆனால், பக்க விளைவுகளைத் தூண்டி விடுவதால் நோய் நீக்கும் மருந்தாக அவை பயன்படுவதில்லை. புதியவகை இரசாயனப் பொருட்கள் சில உள்ளன. அவை கற்றலிலும், நினைவுகொள்வதிலும் மாற்றங்களைத் தூண்டுகின்றன. ஆனால் அவை தூண்டிகளுமல்ல, சோர்வூட்டிகளுமல்ல. இவற்றை 1977ஆம் ஆண்டு, சி. கிருகீய (C.Girugea). எம். சலமா (M. Salama)

ஆகிய இருவரும் முதன் முதலாகக் குறிப்பிட்டு, 'நூட்ரோபிக் (nootropic) மருந்துகள் என அழைத்தனர். ஆர்வத்தைத் தூண்டும் அவற்றிலொன்றைப் பற்றி, நமது இந்திய விஞ்ஞானிகள் கவனம் செலுத்தி வருகின்றனர். பிரஹ்மி (Brahmi) என்று இந்தி மொழியில் அழைக்கப்படும் 'பொகோபா மொன்னியிரா எல். (Bocopa Monniera. L) என்ற தாவரக் குடும்பத்தைச் சேர்ந்த செடியிலிருந்து பெற்ற ஒரு இரசாயனப் பொருளை எலிகள்மீது செலுத்தி, ஹெச்.கே.சிங், பி.என். தவான் ஆகிய இருவரும் ஆராய்ந்தனர் (படம் 9.3). இருவரும் லக்னோவிலுள்ள மத்திய மருந்து ஆராய்ச்சிக் கழகத்தைச் சேர்ந்தவர்கள். (Central Drug Research Institute, Lucknow). இம்மருந்து, செயல்முறை நினைவாற்றல் (procedural memory), மற்றும் உட்கதை நினைவாற்றல் (episodic memory) ஆகியவற்றை திண்ணமாக அதிகரிக்கச் செய்வதாகத் தெரிகிறது. மேலும் நினைவு களை ஒன்று கூட்ட இம்மருந்து உதவுவதாகவும் ஆராய்ச்சிகள் காட்டுகின்றன. இம்மருந்து உட்செலுத்தப்பட்டவுடன், ஹிப்போகேம்ப்பஸ் பகுதியில், புரதத் தயாரிப்பு அதிகரிக்கிறது என்ற செய்தி நீண்டகால நினைவாற்றலில் இம்மருந்து ஆற்றும் பணிக்கு ஆதரவு தருகிறது. வாரணாசி இந்து பல்கலைக்கழகத்தின் மருத்துவ விஞ்ஞானக் கழகத்தைச் (Institute of Medical Sciences, Banares Hindu University) சார்ந்த மருத்துவர்கள்குழு ஒன்று, பிரஹ்மி செடியை ஆராய்ந்து வருகின்றனது. இக்குழுவின் தலைவராகப் பணியாற்றும் பேராசிரியர் ஜி.பி. துபே (G.P. Dube) என்பவர். நினைவாற்றல் கோளாறுகளைத் தடுப்பதற்கும், கண்காணிப் பதற்கும் உதவக்கூடிய 'அதிசய மருந்தாக (Wonder drug) இது



படம் 9.3 : 'பிரஹ்மியின் இயக்க அணுக்கூறு

திகழக்கூடும் என எதிர்பார்க்கிறார். இப்பாதையில் இன்னும் அதிகதூரம் கடந்துசெல்ல வேண்டியுள்ளது. என்றாலும், பிரஹ்மி செடியின் இரசாயனப் பொருட்கள், பல அறிஞர்களுக்கு நம்பிக்கையை தருகிறது.

நமது நினைவாற்றல், அணுக்கூறு மட்டத்திலே எவ்விதம் செயல்படுகிறது என்பதைப்பற்றி மேலுமதிகமாக இப்பொழுது தெரியவருவதால், நினைவாற்றலின்மீது செல்வாக்குச் செலுத்தும் பல இரசயானப் பொருட்களும் வந்துள்ளன. 'அம்பகைன்ஸ்' (ampakines) என்றழைக்கப்படும் மருந்துப் பொருட்கள், தீவிரமாக ஆராயப்பட்டு வருகின்றன. மூளையிலுள்ள நரம்புத் தகவல் ஏற்புத் திசுக்களுடன் இணைந்து, 'என்.எம்.டி.ஏ' ஏற்புத் திசுக்களுடன் (NMDA receptors) குளுடமிக் அமிலம் இணைந்து செயல்படுவது போல, 'அம்பகைன்ஸ்' இரசாயனப் பொருட்களும், நீண்டகால நினைவாற்றல் திறனை அதிகரிக்கச் செய்கின்றன. இம்மருந்து, எலிகள் மீது நன்கு செயல் படுகிறது. நினைவாற்றலின் பல்வேறு பணிகளில் சிறப்பாகச் செயல்பட பிராணிகளுக்கு இது உதவி யுள்ளது. நினைவாற்றலை அதிகரிக்கச் செய்யும் சக்தியுடையது என்ற கருத்துக்கிளர்ச்சியையும் தூண்டியுள்ளது. எனினும், விஞ்ஞானிகளில் பலர், பொறுத்திருந்து பார்க்கவே விரும்பு கின்றனர். ஏனெனில், நினைவாற்றல் செயல்முறையில், ஒருநிலை யில் மட்டுமே செயல்படக்கூடிய ஒரு பொருளுக்கு, மருத்துவத்தில் முழுமையாகப் பயன்தரத்தக்க வாய்ப்புகள் இல்லை என்பதே யாகும். நமது நினைவாற்றல் பல பக்கங்களைக் கொண்டிருக்கிறது. சில இரசாயனப் பொருட்களைக் கொண்டு மட்டும் அதன் சிக்கல்களைக் களைந்து, மாற்றத்தை ஏற்படுத்திவிட முடியாது. இக்கருத்தை அனைவரும் ஏற்க மாட்டார்கள். ஆகவேதான், அதிசயமருந்தைக் கண்டு பிடிக்கும் முயற்சிகள் தொடர்கின்றன.

பெரும்பாலான மருந்து உருவாக்கும் திட்டங்கள் (drug development programmes), கற்றல், நினைவாற்றல் ஆகியவற்றில் ஏற்படும் கோளாறுகளால் பாதிக்கப்படும் நோயாளிகளுக்கு உதவி நல்குவதை குறிக்கோளாகக் கொண்டு வகுக்கப்பட்டபோதிலும், சாதாரண மனித நினைவாற்றலைக் கையாளுவதில் ஆர்வம் விரிந்து காணப்படுகிறது. குறிப்பாக, செய்திகளையும், எண்களையும் நினைவுகூர்வதன் இன்றியமையாமை, கல்வி அமைப்பில் வெகு வாக உணரப்படுவதுடன், அத்தேவை அச்சுறுத்தும் தன்மையைப் பெற்றுள்ளது. ஆகவேதான், நினைவாற்றலுக்குதவும் மந்திர மருந்து வரவேற்கத்தக்கதாகும். நரம்பு மண்டல அமைப்பின் இரசாயனப்

பொருட்களை, மிகுந்த எச்சரிக்கையுடன் கையாள வேண்டும். நமது இரசாயனத்தைக் கையாளுவதற்கும், நினைவாற்றல் போன்ற அறிந்துகொள்ளும் பணியின் சிக்கலை ஒழுங்குபடுத்துவதற்கும் முன்பாக, நம்மைப் பற்றி இன்னும் கொஞ்சம் அதிகமாக நாமே தெரிந்துகொள்ள தேவையுள்ளது. இரசாயனப் பொருட்களைக் கையாளுவதைத் தொடர்ந்து தோன்றும் பக்க விளைவுகளை தவிர்ப்பது, இப்பொழுது இயலாததாகும். ஆனால், நமது மூளை, செய்திகளை எங்ஙனம் கையாளுகிறது என்பதைப் பற்றி நாம் பெற்றுள்ள அறிவைப் பயன்படுத்தி, இயல்பான நரம்புப் பணியிலிருந்து கிடைக்கும் சிறந்த செய்திகளைத் தெரிந்துகொள்ள முடியும். இரசாயனப் பொருட்களை உட்செலுத்தி மேற்கொள்ளப் படும் ஆராய்ச்சிகளைக் காட்டிலும் உடலினுள் உட்பிரவேசம் செய்யாமல் செய்யப்படும் ஆராய்ச்சிகளுக்கு உதவும் உதவிப் பொருட்கள், (Non-invasive aids to memory), நினைவாற்றல் ஆராய்ச்சி களில் அதிகவெகுமதியைப் பெற்றுத் தரத்தக்கனவாகும்.

ஒன்றைத் துணைப்படுத்தும்போது நமது மூளை, எளிதாகச் செய்தியைத் தேக்கிவைத்துக் கொள்கிறது. உட்செல்லும் செய்தி களைப் பிரித்து வகைப்படுத்தும் பணி நரம்பு இணைப்புகளால் செயலாக்கப்படுகின்றது. அவை செய்தியைக் கையாளுவதோடு, தேக்கியும் வைக்கின்றன. இதனைச் செயலாக்குவதற்கு, உணர் வுடன் கூடிய உதவி மூளைக்குக் கொடுக்கப்படவேண்டும். நேரடி யான தொடர்புகள் அல்லது இணைப்புகள் கிடைக்காதபோது, அவற்றைச் செயற்கையாகவே ஏற்படுத்தலாம். உடலுறுப்புகளின் அடிப்படையில் வகைப்படுத்துதலும், இயங்கத்தக்க இணைப்பு களும், அதிக உதவி நல்குவதாக நிரூபிக்கப்பட்டுள்ளது

> **எதுகையில் அமைந்த கீழ்க்கண்ட வரிகள் பெயர்களை நினைவில் கொள்ள உதவுகின்றன**
>
> **ஆன் ஒல்ட் ஒலிம்பஸ் டவரிங் டாப்**
>
> **எ ஃபின் அண்ட் ஜெர்மன் வியூட் எ ஹாப்**
>
> **ஒவ்வொரு சொல்லின் முதல் எழுத்துக்கள், பின்வரும் நரம்புகளின் பெயர்களை நினைவில் கொள்ள உதவுகின்றன :**
>
> **ஆன் - ஆல்ஃபேக்டரி; ஒல்ட் - ஒப்டிக்; ஒலிம்பஸ் - ஒக்குலோ மோட்டார்; டவரிங் - ட்ரக்லியார்; டாப் - டிரைஜெமினல்; எ - அப்டுசென்ஸ்; ஃபின் - ஃபேசியல்; அண்ட் - அகௌஸ்டிக்; ஜெர்மன் - கிளோசோஃபேரினிஜியல்; வியூட் - வேகஸ்; எ - அஸஸரி; ஹாப் - ஹைபோக்ளாசல்**

படம் 9.4 : மூளையிலிருந்து வெளிக்கிளம்பும் 12 முக்கிய நரம்புகளின் பெயர் களை நினைவில் கொள்ள உதவும் 'நினைவாற்றல் பேணும்கலை' அமைப்பு

நினைவாற்றலை அதிகரிக்க உதவும் இதுபோன்ற கைத்திறன்கள் 'நினைவாற்றல் பேணுங்கலைகள்' (நிமோனிக்ஸ்—Mnemonics) என்று அழைக்கப்படுகின்றன (படம் 9.4). நினைவாற்றல் பேணும் கலைகளைப் பயன்படுத்துவது ஒரு விளையாட்டுப் போன்றதே என்றாலும், இவை போதுமானதல்ல. ஏனெனில் செய்தி என்பது, அறிவின் ஒரு பகுதியே. நினைவாற்றல் அமைப்புகளின் இயக்கம் நினைவாற்றல் பேணுங்கலைகளைக் காட்டிலும் சிறப்பான இயக்கத்திற்குரிய வழிகாட்டும் குறிப்பினைத் தருகின்றன. நரம்புச் சுழலமைப்பு திரும்பத் திரும்பத் தூண்டப்படுதல், நினைவாற்றலுக்குப் பொறுப்பாக உள்ள செல்களில் மாற்றங்களைத் தோற்றுவிக்கிறது. ஒத்திகைகள், திரும்பத்திரும்பத் தரப்படும் உட்பாயும் செய்திகள், நினைவாற்றலுக்கு உதவுகின்றன. நரம்பு சுழலமைப்புகள் அடிக்கடி, மேற்சென்று, ஒத்த பணிகளையாற்றும் மற்ற நரம்பு சுழலமைப்புகளுடன் இணைந்து இயங்குகின்றன. ஒரு சுழலமைப்பை உறுதிப்படுத்த, அதனுடன் தொடர்புடைய மற்றொரு சுழலமைப்பைத் தூண்டுதல் உதவக்கூடும். அதாவது, ஒரே தலைப்பின் கீழுள்ள செய்திகளை, பல கோணங்களிலிருந்தும் அல்லது மற்றொரு சூழ்நிலைக்கொப்ப, அதனை விரிவாகப் படித்தலும் செய்திகளை நினைவில் நிறுத்திக்கொள்ள உதவக்கூடும். ஒன்றைப் பற்றிய கருத்துடன், அதுபற்றிய மற்ற செய்திகளையும் இணைத்துக் கொள்ளுதல், நினைவாற்றலுக்கு உதவக்கூடிய சரியான வழியாகும்.

உளக் கிளர்ச்சிகளையும், நினைவாற்றலைத் தேக்கி வைத்தலையும் ஆட்சிசெய்யும் மூளை பல்வேறு நுட்பங்களின் இணைப்பு, நினைவாற்றலை வலிமைப்படுத்தும் மற்றொரு வழியைக் குறிப்பிடுகிறது. ஒன்றை நினைவில் கொள்ள உதவும் சிறந்தவழி, செய்தியைக் கையாளும்போது உணர்வுப்பூர்வமாக அதில் இணைந்து கொள்வதேயாகும். ஒரு தலைப்பைப் பற்றி ஆழ்ந்து சிந்தித்து, நமது வாழ்விற்கு அதனுடைய பொருத்தத்தை நன்கு உணர்ந்து நடக்கும் தன்மையை வளர்த்துக் கொள்ள வேண்டும். இதுபோன்று, ஆர்வத்தை தூண்டுதல் மற்றும் சில சமயங்களில் நல்லாசிரியரால் வழிகாட்டப்படுதல், மிகச் சிறந்த நினைவாற்றலை ஏற்படுத்துகிறது. உண்மையான ஆர்வத்துடன், உணர்வுகள் ஆழமாகத் தூண்டப்பட்ட நிலையில் கற்பதற்குத் தூண்டப்படும் மூளை செயல்படுவது போல, எந்த ஒரு மருந்துத் துளியும், மாயவித்தையைத் தோற்றுவித்துவிட முடியாது!

10

நினைவாற்றல் அதன் ஒத்த அமைப்பு

பூரி ஜெகந்நாதரின் மிகப்பெரிய தேர் எளிதாக நகருவதில்லை. அதை நகர்த்துவதற்கு பல நூறு கரங்களின் உதவி தேவைப்படுகிறது. அதுபோல, தீர்க்கமுடியாத பிரச்சினைகளைத் தீர்ப்பதற்கும், ஒத்த கவனமாக கூட்டு முயற்சிகள் தேவைப்படுகின்றன. நினைவாற்றல் இரகசியமும், உயிரியல் அறிஞர்களால் மட்டுமின்றி, கணிப்பொறி விஞ்ஞானிகளாலும் பலமுனைகளிலிருந்து அணுகப்படுகிறது. இப்பல்முனை அணுகுதல், இத்துறையில் ஈடுபட்டிருப்பவர்களால் போற்றப்பட்ட போதிலும், அதைச் செ சயல்படுத்துதல் எளிதன்று, பிரச்சினையைச் சமாளிப்பதற்கு, ஒவ்வொரு பிரிவும் வெவ்வேறு கருவிகளைக் கொண்டுள்ளன. ஒவ்வொருவரும் வெவ்வேறு மொழிகளைப் பேசுகின்றனர். ஒவ்வொருவருக்கும், வெவ்வேறு செய்தி அடித்தளம் காணப்படுகிறது. கணிப்பொறி அமைப்பு களைப்பற்றி, உயிரியல் அறிஞர்கள் ஐயம் கொள்கின்றனர். ஏனெனில், கருவிகளைக் காட்டிலும் உயிரமைப்புகள் அதிகம் சிக்கல் நிறைந்தவை. அதற்குமாறாக, அனைத்து மூளை மற்றும் நடைமுறைகளுக்கு சரியாகப் பொருந்துமாறு மாதிரி அமைப்பை ஏற்படுத்துவது, கணிப்பொறி விஞ்ஞானிகளுக்கு சிரமமாக உள்ளது. இணைந்து செயல்படுவதில் இயல்பாக பிரச்சினைகள் தோன்றிய போதிலும், கணிப்பொறி இயலும், உயிரியலும் ஒன்றுபடுவதால் தோன்றும் பயன், கணிப்பொறி சார்ந்த நரம்பியல் விஞ்ஞானத்தில் (computational neuro-science) காணக்கிடக்கிறது. மனித இயக்கத்தைப் பிரதிபலிக்கும் கருவிகளை வடிவமைத்து உருவாக்குவது, வியாபார ரீதியிலானதாகும். ஆனால், மூளை எவ்விதத்தில் செய்திகளைப் பிரித்து தேக்கி வைக்கிறது என்பதைக் கூறுவதில், இக்கருவிகளின் பணியைப் புரிந்துகொள்ளும் வாய்ப்புகள், அதிக ஆர்வத்தையும், மனக்கிளர்ச்சியையும் தருகின்றன.

எவ்வளவுதான் நுட்பமானதாக இருந்தாலும், மனிதனால்

செய்யப்பட்ட கருவியை, மூளையின் அனைத்துவகை இயக்கத்தையும் கருத்தில் கொண்டு அதனுடன் ஒப்பிடும்போது, செயற்கைக்கருவி மிகவும் பின்தங்கி விடுகிறது. இலட்சக்கணக்கான ஆண்டுகளாகப் பரிணாம இயக்கங்களால் சீராக்கப்பட்டுள்ள நமது மூளை. அதன் உதவியைக் கொண்டே வடிவாக்கப்பட்டுள்ள செயற்கைக் கருவியுடன் ஒப்பிடும்போது நிச்சயமாக செயற்கைக் கருவியைவிட தன்மையில் உயர்வாகத்தான் இருக்கமுடியும். என்ற போதிலும், சில பணிகளில் கணிப்பொறி, மூளையை மிஞ்சி விடுகின்றது. எண்களின் கணிப்புகள், (numerical calculations) காரணகாரியத் தொடர்புடைய வேலைகள் (logic based) ஆகிய வற்றில், மிக எளிமையான கணிப்பொறிகள்கூட சிறப்பாகச் செயல்படுகின்றன. அதற்குமாறாக, ஒன்றைப் பார்க்கவோ, அல்லது கேட்கவோ முடியாதது மட்டுமல்ல. ஒன்றின் முக்கியத்துவத்தையும் ஒரு கருவி உணர்ந்து கொள்ளமுடியும் என எதிர்பார்க்க முடியாது. இவ்வேறுபாடுகள், செய்திகள் எங்ஙனம் ஆக்கப்படுகின்றன என்பதில் தோன்றும் வேறுபாடுகள் மட்டுமின்றி, செய்திகள் எங்ஙனம் இவ்விரண்டினால் (மூளை, கணிப்பொறி) கையாளப் படுகின்றன என்பதில் தோன்றும் வேறுபாடுகளிலும் தோன்று கின்றன, மூளை இயக்கத்தின் அடிப்படை அமைப்பான நரம்பு செல்கள், அவற்றையொத்த கணிப்பொறியின் மின் இணைப்புகள், இவ்விரண்டும், வெவ்வேறு விதமாக இயங்குகின்றன. பெரும் பாலான கணிப்பொறிகளில் அமைக்கப்பட்டுள்ள அடிப்படைக் கூறுகள், ஒன்றின்பின் ஒன்றாக இயங்குமாறு அமைக்கப்பட் டுள்ளன. வரிசைப்படி இயங்குமாறு இணைப்புகள் கொடுக்கப் பட்டுள்ளன. அதற்கு மாறாக, நமது மூளை ஒரே நேரத்தில் ஒரு செய்தியைக் கையாளுகிறது அல்லது நடைமுறைப்படுத்துகிறது. ஒன்றுக்கொன்று இணையாக, நரம்புசெல்கள் இயங்குவதுபோல் தெரிகிறது. அதன்விளைவாக, நரம்புசெல்களின் எதிர்ச்செயல்களை, முன்கூட்டியே மதிப்பிட்டுவிட முடியாது. கணிப்பொறிகளைப் போலல்லாமல் கண்டிப்பான முறையில் 'உண்டு' அல்லது 'இல்லை' எனச் செயல்படுவது என்பது இயலாது. நரம்பு செல்களின் ஆக்க விளைவு (output) உட்செல்லும் செய்திகளின் இலேசான மொத்தக் கூட்டல் என்பதல்ல; தோன்றும் எதிர்விளைவுகள், ஊனத்தின் அடிப்படையில்தான் முன்கூட்டி மதிப்பிட முடியும். இதுவே, நம்மை செயற்கைக் கருவிகளிலிருந்து எவ்விதம் வேறுபடுகிறோம் என்பதைப் பிரித்துக் காட்டுகிறது. எதிர்ச்செயல்கள் ஒவ்வொன்றும் தனித்தன்மை பெற்றுத் திகழ்கின்றன!

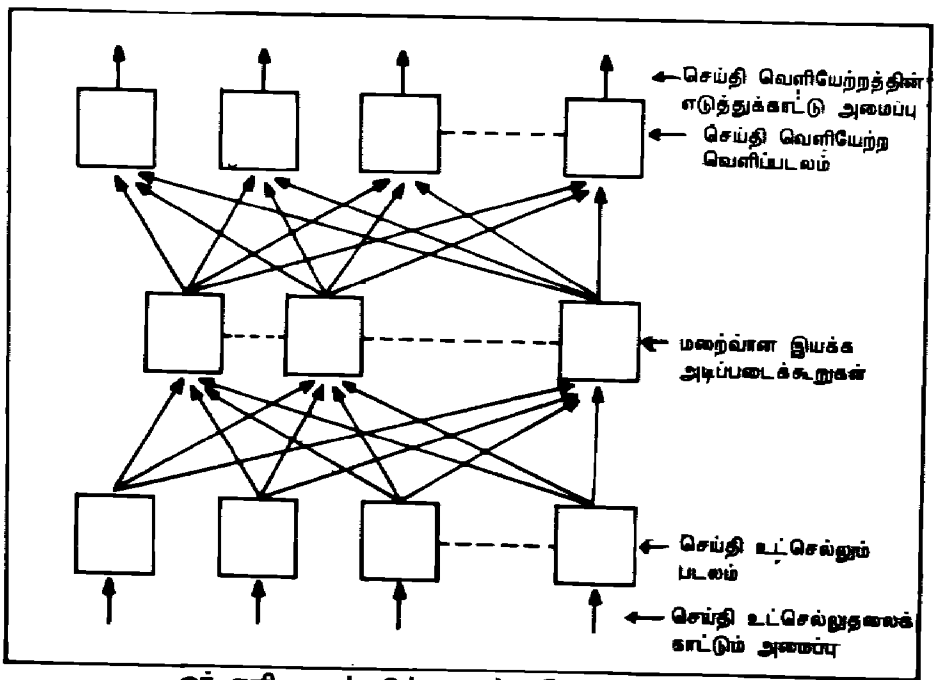
'நரம்பு இணைப்பு'களின் துணைகொண்டு நினைவாற்றலைப் புரிந்துகொள்ள முயலும்போது மூளையிலும், கணிப்பொறியிலும் செய்தி கையாளப்படுவதில் காணப்படும் வேறுபாடுகள் வியப்பு அளிக்கும் அளவில் பரந்துவிரிந்து காணப்படுகின்றன. 'நரம்பு இணைப்பு' என்று இங்கு குறிப்பிடப்படுவது, காரணகாரியத் தொடர்புடைய, மற்றும் கணிதம் பற்றிய செயல்களைக் கணிப் பொறியின் இணைந்த இயக்க அடிப்படைக்கூறுகளைப் பற்றிய தாகும். இக்கூறுகள், நரம்பு செல்களை சற்றே ஒத்துக்காணப் படுவதால், இவை ஏற்படுத்தும் இணைப்புகள், 'நரம்பு இணைப்புகள்' எனக் குறிப்பிடப்படுகிறது. இந்த இயக்க அடிப்படைக் கூறுகளை (units) நரம்புச் செல்களுடன் ஒப்பிட்டுப் பார்க்கும்போது, குறைந்த எண்ணிக்கையிலான உட்செல்லும செய்திகளைத்தான் இவை கையாள முடியும். இயக்க அடிப்படைக் கூறுகளைப் போலல்லாமல், மூளையின் நரம்புசெல்கள், சைனாப்ஸ் சந்திப்புகள் மூலமாக சில நூறு செய்திகளை உட் செலுத்திப் பெற்றுக்கொள்கின்றன. (a few hundred inputs) கணிப்பொறி தரும் செய்திகளை, ஒரு குறிப்பிட்ட 'இடத்தில்' மீட்பு நினைவாற்றலாக (retrievable memory) தேக்கிவைக்க முடியும். அத்துடன், மிகத் துல்லியமாகவும் நினைவு கூரமுடியும். ஆனால் நமது மூளைக்கு துல்லியமாகச் செய்திகளை அனுப்பவும், குறிப்பிட்ட இடங்களில் அவற்றைத் தேக்கிவைக்கவும் இயலாது. நினைவாற்றலைத் தேக்கி வைக்கும் பணிகளைக் கையாளும் செல்களே, மற்றபிற மூளைப்பணிகளையும் கவனித்துக் கொள் கின்றன. என்ன செய்திகள் தேக்கி வைக்கப்பட்டுள்ளனவோ, அவற்றின் பொதுவான வெளியேற்றமே மீட்பு நினைவாற்றலாகும் என்ற போதிலும், 'நரம்பு இணைப்புகள்' அவை நடந்துகொள்ளும் தன்மைகள் ஆகியன நரம்பு செல்கள், உட்செல்லும் ஒரு குறிப்பிட்ட செய்திகளை எவ்வகையில் கையாண்டு அதன்மூலம், குறிப்பிட்ட செய்தியை வெளிப்படுத்துகின்றன என்பதைக் கண்டறிய உதவுகின்றன.

இயற்பியல் வல்லுநகராகத் திகழ்ந்து பின்பு மூளைப் புனை வியலாளராக (brain theorist) மாற்றம் பெற்ற ஜான் ஹாப்ஃபீல்ட் (John Hopfield) என்பவர், புதிய வகை நரம்பு இணைப்பு ஒன்றை ஏற்படுத்தினார். இவ்விணைப்பின் அடிப்படை இயக்கக் கூறுகள், 'தடை செய்தல்' (inhibition) 'கிளர்ச்சியுறல்' (excitation) என்ற இரண்டு வகை உட்செல்லும் அமைப்புகளை மட்டுமே பெற் றிருந்தன. அடிப்படை இயக்கக் கூறுகளிடையேயுள்ள

இணைப்புகள், சைனாப்ஸ் சந்திப்பின் உறுதி போன்ற வலிமையைப் பெற்றிருந்தன. இணைப்புகளின் வலிமையைக் கருத்தில் கொண்டு பார்க்கும்போது, இத்தகைய 'நரம்பு இணைப்பு' உறுதியான செய்தி வெளிப்பாட்டைத் தருவதற்கு நிலைப்படும் என்பதை ஜான் ஹாப்ஃபீல்ட் விளக்கிக் காட்டினார். உட்படும் செல்களின் இயக்கம், ஹெப்பியின் சைனாப்ஸ் சந்திப்பின் உறுதியை ஒழுங்குபடுத்துவதுபோல, ஹாப்ஃபீல்ட் இணைப்புகளின் உறுதியையும், அடிப்படை இயக்கக் கூறுகளின் இயக்கத்தின் அடிப்படையில், செய்தி வெளியேற்ற அமைப்பைத் (output pattern) தருவதற்கு, தக்கவாறு மாற்றியமைத்து, நிலைப்படுத்த முடியும். ஹாப்ஃபீல்ட் இணைப்புச் செயல்படும் விதம், மனித நினைவாற்றலை சற்று ஒத்துக் காணப்படுகிறது. செய்தி வெளிப்பாட்டு அமைப்பின் ஒரு பகுதி, வழிகாட்டுக் குறிப்பாகத் தரப்படும்போது, இவ்விணைப்பு, வெளிப்பாட்டுத் தன்மையை முழுவதுமாக நினைவுகூர இயலும். நமது மூளை நீண்டகால நினைவாற்றலைத் தேக்கிவைத்து, அது தொடர்பான சிறு வழிகாட்டிக் குறிப்புக் கிடைக்கும்போது அதனை வெளிப்படுத்துவது போல, ஹாப்ஃபீல்ட் இணைப்பையும் ஒன்றை நீண்ட காலத்திற்குத் தேக்கிவைத்து, பிறகு தூண்டப்படும்பொழுது, அதனை நினைவுகூரவும் செய்கிறது. மனித நினைவாற்றலையொத்துக் காணப்படும் மற்றொரு தன்மை, உட்செல்லும் செய்திகள் ஒன்றுபோல அமைந்திருந்தால், இணைப்பு, அவற்றைச் சராசரியாக்கி, ஒரே வித வெளிப்பாட்டைத் தருவதாகும். பல எண்ணிக்கையிலான பல்வேறு தன்மையுள்ள செய்திகளை ஒன்றின்மீது மற்றொன்றைச் சுமத்தித் தேக்கி வைக்க முடியும். ஏனெனில், ஒரேவித அடிப்படை இயக்கக்கூறுகள், இவ்வியக்கத்தில் பங்கு பெறுவதால், இது சாத்தியமாகும் என்ற போதிலும், தேக்கி வைக்கப்படுபவை, எண்ணிக்கையில் அதிகரிக்கும்போது, ஒன்றோடு மற்றொன்று கலந்து, பொருளற்ற தன்மையிலான அமைப்பைத் தோற்றுவித்து விடுகிறது. மனித மூளையும்கூட, குழப்பமான, ஒன்றின்மேல் மற்றொன்று கவிழ்ந்த செய்தி வெளிப்பாட்டை தோற்றுவிக்கிறது. ஏனெனில், இதில் பங்குபெறும் அதே நரம்பு செல்கள் ஒன்றின்மேல் மற்றொன்று கவிழ்ந்துவிடும் செய்திகளைத் தேக்கிவைப்பதிலும் பங்குபெறுகின்றன என்று கருதப்படுகிறது. நாம் கனவு காணும்போது, ஒருவேளை இவ்விதத்தில்தான் இயக்கம் நடைபெறுகிறது போலும்! மூளைப் பணிகளின் திணறடிக்கும் கடும்சிக்கலை, சாதாரண நரம்பு இணைப்புகளைக்

கொண்டு விளக்கிவிட முடியாது என்றாலும், நினைவாற்றலுக்குப் பொறுப்பாக உள்ள நரம்பு இணைப்புகளின் இயக்க முறைகள் தெளிவாகத் தெரிய வருகின்றன.

ஹாப்ஃபீல்ட் இணைப்பு போன்ற சில இணைப்புகள் அவையாகவே 'கற்றுக்கொள்'ளக் கூடும். அவற்றின் இடம் சார்ந்த உட்செல்லும் செய்திகளின் இயக்க அடிப்படை கூறுகளின் அடிப்படையில், இணைப்புகளின் உறுதியை இவ்விணைப்புகள் தக்கவாறு அமைத்துக் கொள்கின்றன. மற்றொருவகை நரம்பு இணைப்பு ஒன்றுள்ளது. அது எத்தகையது என்றால் சட்ட திட்டங்களை வழங்கும் ஒரு ஆசிரியர் மூலம் அதற்குக் கற்றுத்தர முடியும். ஓர் இணைப்புக்குள் செலுத்தப்படும் ஒரு குறிப்பிட்ட செய்தி, ஓர் எதிர்பாராத செய்தி வெளியேற்றத்தைத் தூண்ட வேண்டும். இதனை உறுதிப்படுத்துவதற்கு, இயக்க அடிப்படைக் கூறுகளின் தெளிவானதொரு குழு அதாவது 'ஆசிரியர்' சமிக்ஞை களைத் தருகிறது. இணையும் நினைவாற்றலகளை (associative memories) நாம் ஏற்படுத்திக் கொள்ளும் வழிமுறை போல, இந்த இணைப்பும் செயல்படுகிறது. 'ஆசிரியர்' இணைப்பு, இணைப்பைத் துவங்குகிறது. அதன் விளைவாக, செய்தி வெளிப்படுகிறது.



ஓர் எளிய மூன்றடுக்கு நரம்பு இணைப்பு

படம் 10.1 : ஓர் எளிய மூன்றடுக்கு நரம்பு இணைப்பு

எதிர்பார்க்கப்படும் செய்தி வெளிப்பாட்டை விட்டும், இச்செய்தி வெளிப்பாடு எவ்விதம் வேறுபடுகிறது என்பதை, 'ஆசிரியர்' இணைப்பு குறிப்பிட்டுக் காட்டுகிறது. ஒவ்வொரு இயக்க அடிப்படைக் கூறுகளுக்கிடையேயுள்ள தொடர்புகளின் உறுதியைத் தக்கவாறு அமைத்துக்கொள்ள இத்தகவல் பயன்படுத்தப் படுகிறது. அத்துடன், எதிர்பார்க்கப்படும் அமைப்பிற்கு அருகில் நெருங்கிக் காணப்படும் தன்மையிலான செய்தியும் வெளிப் படுத்தப்படுகிறது. இணையும் நினைவாற்றலில் காணப்படுவது போல, இரண்டு ' பயிற்சிச் சுழற்சி' (training cycles)களுக்குப் பின்பு, இவ்விணைப்பு 'கற்றுக்கொள்'கிறது. இத்தகைய இணைப்பை விளக்கும் சிறந்த உதாரணம், 'பின்பரப்புகை' (back propagation) மூலம் கற்றுக்கொள்ளும் இணைப்பாகும் (படம் 10.1). இந்த இணைப்பு இயக்க அடிப்படைக் கூறுகளின் மூன்று படலங்களால் ஏற்படுத்தப்பட்டுள்ளது. உட்படலம், செய்தி உட்செல்லும் அமைப்பாகும். வெளிப்படலம், வெளிச்செல்லும் செய்தியைத் தோற்றுவிக்கிறது. இவ்விரண்டிற்குமிடையேயுள்ள படலம், 'மறைக்கப்பட்டுள்ள இயக்க அடிப்படைக் கூறுகளின் படலம்' (hidden units)' என்பதாகும்.

முதலாவதாக, உட்படலத்திலிருந்து வரும் சமிக்ஞைகளுக்குப் பதில் தரும் முறையில், வெளிப்படலம் செய்தியை வெளிப்படுத்து கிறது. வெளிப்படும் செய்தியில் எத்தனை தவறுகள் உள்ளன என்பது, பிறகு இப்படலத்தின் இயக்க அடிப்படைக் கூறுகளுக்குத் தெரிவிக்கப்படுகிறது. இத்தகவலைப் பயன்படுத்தி, சமிக்ஞைகள் உட்படலத்திற்கு இப்பொழுது திருப்பி அனுப்பப்படுகின்றன. இதனைத் தொடர்ந்து உட்படலத்திலிருந்து, வெளிப்படலத்திற்குச் செல்லும் இணைப்புகளின் உறுதியில் உரிய மாற்றங்களை உட்படலம் தோற்றுவிக்கிறது. நமது மூளை இயக்கத்தில் அராபிய பதின்முறை இலக்கமானம் (algorithms), போல, அதாவது, கணக் கிடுவதில் ஒன்றன்பின் ஒன்றாகப் பின்பற்றப்படும் முறைபோல, 'பின்பாய்வு' நடைபெறக்கூடும் என நம்பப்படுகிறது.

1987ஆம் ஆண்டு, டெர்ரி செஜ்னோவ்ஸ்கி (Terry Sejnowski), சார்லஸ் ரோஸன் பெர்க் (Charles Rosenberg) ஆகிய இருவரும் மற்றொரு ஈர்க்கத்தக்க இணைப்பொன்றைத் தோற்றுவித்தனர். அது 'வலை பேச்சு' (NET talk) என அழைக்கப்பட்டது. இந்த இணைப்பு எழுத்தில் வடிக்கப்பட்ட வார்த்தைகளிலிருந்து, ஆங்கிலப் பேசும் வார்த்தைகளைத் தோற்றுவித்தது. எழுத்துக்கள் வடிவில் செய்தி உட்செலுத்தப்பட்டது. அங்கொன்றும் இங்கொன்றுமாகத்

தொடர்பற்ற இணைப்புகள் மற்றும் ஒலிகளின் இணைப்பற்ற வெளிப்பாடு ஆகியவற்றிலிருந்து தொடங்கி, கடைசியில், வார்த்தைகளாகக் கேட்கத்தகுந்த சரியான ஒலித்தொடரை தோற்றுவிக்கக் கற்றுக் கொண்டு விட்டது. வார்த்தைகள் மற்றும் மொழி முதலியவற்றின் ஒலிப்பு முறைகளைக் கற்றுக் கொள்வதில், நமது மூளையின் நரம்பு இணைப்புகள், இவ்விணைப்புப் போன்ற நடைமுறையையே ஒருவேளை பின்பற்றக்கூடும். இவ்விதம்தான் செயல்படுகின்றன என்ற திட்டமான முடிவு பல்வேறு வகையான சோதனைகளிலிருந்து கிடைத்தது. வாசிப்பதற்குப் பயிற்றுவிக்கப் பட்ட ஒரு கணிப் பொறியமைப்பு கையாளப்பட்டது. மூளைச் சிதைவு ஏற்பட்டுள்ள நோயாளிகள் சிலரிடம் காணப்படுவது போல, வாசிப்பில் பல தவறுகளை இம்மாற்றங்கள் தோற்றுவித்தன. நாம் சரியான பாதையில்தான் செல்கிறோம் என்று அப்பொழுது தெரிந்தது. பல்வேறு வகையிலான நரம்பு இணைப்புகள் தோற்று விக்கப்படுகின்றன. அவை ஒவ்வொன்றும், மூளைப் பணிகளை யொத்துக் காணப்பட விழைகின்றன. அவை ஒவ்வொன்றும், நாம் தேடும் விடைகளுக்குச் சற்று அருகில் நம்மை கொண்டு செல்கின்றன.

நமது மூளையின் நினைவாற்றல் இயக்கத்தைப் பற்றித் தெளிவாகத் தெரிந்துகொள்ள இன்றும் நீண்டதூரம் செல்ல வேண்டும் என்பதை உணர்ந்திருந்த போதிலும், இன்று நாம் வாழ்ந்துவரும் காலகட்டம் மிகவும் கிளர்ச்சி தரத்தக்கதாகும். நம்மைப் பற்றி நாம் அறிந்து வைத்துள்ள செய்திகளே, நாம் மேலும் முன்னேறத் தூண்டுவதற்குப் போதுமானவை. புதிய பல தொழில் நுட்பங்கள் தோன்றத் தோன்ற, நமக்குக் கிடைக்கும் கருவிகள் மேலும் பல செய்திகளை நமக்குத் தரக்கூடும். அதன்பிறகு, பல புதிய வினாக்கள் நமக்குத் தோன்றும். அவை மிகவும் கருத்துச் செறிந்தவையாகக் காணப்படும்.

துணைநூற்பட்டியல்

1. Allport S. : 'Explorers of the Black Box', *The Search for the Cellular Basis of Memory*, W.W. Norten and Co., New York, 1986.
2. Baddley A. : *Human Memory : Theory and Practice*, Needham Hgt. M.A., Allynn & Bacon Inc., 1990.
3. Churchland P.S. and Terrence J.S. : *The Computational Brain : Models and Methods on the Frontiers of Computational Neurosciences*, Bradford Books, MIT Press, 1992.
4. Crick F. : 'The Astonishing Hypothesis', *The Scientific Search for the Soul*, Maxwell Macmillan International, New York, 1994.
5. Dimond A. (ed.) : 'The Development and Neural Basis of Higher Cognitive Functions', *Annals of N.Y. Acad. Sc.*, Vol. 608, 1990.
6. Edelman G.M. : *Bright Air, Brilliant Fire*, Basic Books, 1992.
7. Morgan T.C., King R.A., Weisz R.I., Schopler J. : *Introduction to Psychology*, McGraw Hill Book Co., New York, 1986.
8. Piel J. (ed.) : 'Mind and Brain', *Scientific American*, special issue, Vol. 267, September 1992.
9. Shepherd G.M. (ed.) : *The Synaptic Organisation of the Brain*, Third Edition, Oxford University Press, 1990.
10. Squire L. and Kandel E. (eds) : 'Cognitive Neuroscience', *Current Opinion in Neurobiology*, Vol. 3, April 1993.
11. Tandon P.N., Bijlani V., Wadhwa S. : *Lectures in Neurobiology*, Vol. 4, Wiley Eastern Ltd., New Delhi, 1992.